



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

**ANALISIS PENERAPAN KOMPOSIT POLIESTER
BERPENGUAT SERAT GELAS DAN
NANOSELULOSA UNTUK PEMBUATAN
DASHBOARD DENGAN METODE HAND LAY UP**

REYHAN EFRIASNYAH
NRP. 02511440000042

Dosen Pembimbing :
Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Diah Susanti, ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR- TL 141584

**ANALISIS PENERAPAN KOMPOSIT POLIESTER
BERPENGUAT SERAT GELAS DAN NANOSULOSA
UNTUK PEMBUATAN DASHBOARD DENGAN METODE
HAND LAY UP**

**REYHAN EFRIANSYAH
NRP. 02511440000042**

**Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Diah Susanti, ST. MT**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

**ANALYSIS APPLICATION OF POLYESTER
RAINFORCED GLASSFIBER AND NANOCELULOSE
COMPOSITE FOR DASHBOARD FABRICATION USING
HAND LAY UP METHOD**

**REYHAN EFRIANSYAH
NRP. 02511440000042**

Advisors

Ir. Moh. Farid, DEA

Dr. Diah Susanti, ST. MT

**MATERIALS ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**ANALISIS PENERAPAN KOMPOSIT POLIESTER
BERPENGUAT SERAT GELAS DAN NANOSULOSA
UNTUK PEMBUATAN DASHBOARD MOBIL DENGAN
METODE HAND LAY UP**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada
Programa Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

REYHAN EFRIANSYAH
NRP. 0251144000042

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Moh. Farid, DEA.....(Pembimbing I)

2. Diah Susanti, S.T. M.T., Ph.D.....(Pembimbing II)



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

ANALISIS PENERAPAN KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT GELAS DAN NANOSULULOSA UNTUK PEMBUATAN DASHBOARD MOBIL DENGAN METODE HAND LAY UP

Nama Mahasiswa : Reyhan Efriansyah
NRP : 02511440000042
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Diah Susanti, S.T.M.T

Absrak

Berkendara dengan keadaan nyaman merupakan bagian penting yang diperhatikan pada industri otomotif. Dalam berkendara, adanya sumber kebisingan menjadi faktor yang tidak baik, dan pada kehidupan manusia sumber kebisingan utama pada saat berkendara adalah kendaraan bermotor. Untuk mengurangi kebisingan dari luar kendaraan bermotor tersebut, digunakan material penyerap suara. Komposit berpenguat serat gelas dan nanosululosa merupakan sebuah alternatif material penyerap suara yang ramah lingkungan, yang dapat digunakan pada Dashboard mobil . Penelitian ini dilakukan untuk merekayasa material komposit Unsaturated Polyester Resin (UPR) berpenguat nanosululosa dan serat gelas untuk bahan penyerap suara. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh fraksi massa komposit terhadap densitas dan nilai sound transmission loss (STL). Metode pembuatan komposit yang digunakan adalah metode Hand Lay-up. Material diuji dengan FTIR untuk mengidentifikasi ikatan kimia dan SEM untuk mengetahui stuktur morfologi. Hasil menunjukkan bahwa nilai dari Uji Transmission Loss adalah STC 17 tanpa penambahan nanosululosa dan STC 25 untuk penambahan nanosululosa. Penambahan nanosululosa meningkatkan kelas STC secara signifikan hingga 2 tingkat.

Kata kunci : Sound Transmission Loss, Hand Lay-up, Nanosululosa, Unsaturated Polyester Resin

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

ANALYSIS OF INFLUENCE POLYESTER COMPOSITE WITH STRENGTHENING FIBER AND NANOSELULOSE FOR DASHBOARD WITH HAND LAY UP METHOD

Name : Reyhan Efriansyah
NRP : 02511440000042
Department : Teknik Material
Advisors : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Diah Susanti, S.T.M.T

Abstrak

Convenient driving is an important part of concern in the automotive industry. In driving, the source of noise is not a good factor and in human life the main source of noise when driving is a motor vehicle. To reduce noise from outside the motor vehicle, used sound absorbing material. The glass fiber and nanoselulose glass-fiber composites are an environmentally friendly sound absorbing material, which can be used on a car's dashboard. This research was conducted to engineer the Unsaturated Polyester Resin (UPR) composite material with nanoselulose and Fiberglass for sound absorbing material. The purpose of this research was to analyze the influence of composite mass fraction to density and sound transmission loss (STC). The thickness used was 1.5 mm. In addition, the material also tested FTIR (Fourier Transform Infra Red) to identify chemical bonds that appear on UPR/Nanoselulose composites and SEM to determinate morphological structure. The method of making composite used was Hand Lay-up method. The test results showed that the value of Transmission Loss on the composite with a thickness of 1.5 mm was STC 17 and STC 25 for specimen that added nanoselulose. Adding nanoselulose in specimen increase the class of STC up to 2 class.

Keyword: Sound Transmission Loss, Hand Lay-up, Nanocellulose, Unsaturated Polyester Resin, Fiberglass

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS PENERAPAN KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT GLAS DAN NANOSULFAT UNTUK PEMBUATAN DASHBOARD MOBIL DENGAN METODE HAND LAY UP”**.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Ayah, Bunda dan keluarga atas dukungan moril dan materiil yang luar biasa
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Ibu Dr. Diah Susanti, S.T. M.T. selaku *co*-pembimbing dan Sekretaris Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS yang senantiasa memberi bimbingan, arahan dan nasihat.
4. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si selaku dosen wali yang senantiasa menyemangati
5. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta Seluruh dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Penulis berharap pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberikan kritik dan/saran untuk perkembangan teknologi yang lebih baik.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Komposit	4
2.2. Nanoselulosa	7
2.3 Bahan Penyusun Komposit	12
2.3.1. Bahan Penguat.....	12
2.3.2. Matrik	12
2.4 Poliester	12
2.5. Hukum Pencampuran	14
2.6 Gelombang dan Bunyi.....	16
2.6.1 Gelombang	16

2.6.1.1 Sifat Gelombang.....	16
2.6.2. Bunyi	22
2.7 Material Akustik.....	24
2.8. Koefisien Serap Bunyi.....	25
2.9. Penelitian Terdahulu.....	27
2.10. Metode Pembuatan Komposit	29
2.11. Dashboard Pada Mobil	31
2.12. Transmission Loss	32
2.6.1 Anechoic Chamber	37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.Diagram Alir Penelitian.....	39
3.1.1. Diagram Alir Pembuatan Prototipe	40
3.1.2. Diagram Alir Pembuatan Komposit	41
3.2.Bahan dan Peralatan	41
3.2.1 Bahan Penelitian	41
3.2.2 Alat Penelitian	42
3.3. Variabel Penelitian	43
3.4. Metode Penelitian.....	43
3.4.1. Pembuatan Prototipe.....	50
3.4.2. Pembuatan Komposit.....	51
3.4.3. Proses Pengujian.....	53
3.5.Rancangan Penelitian	57

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Analisis Transmission Loss	58
4.2. Analisis FTIR	63

4.3. Analisis SEM.....	67
4.4. Analisis Densitas	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	xxiii
LAMPIRAN	xxxi
BIODATA PENULIS	xliii

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komposit Laminat	6
Gambar 2.2	Komposit Partikel.....	6
Gambar 2.2	Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks	7
Gambar 2.3	Rantai Selulosa.....	8
Gambar 2.4	Struktur Kimia Selulosa.....	9
Gambar 2.5	Komposit α	10
Gambar 2.6	Komposit β	10
Gambar 2.7	Hasil TEM Nanoselulosa.....	11
Gambar 2.8	Reaksi Pembentukan UPR.....	12
Gambar 2.9	Reaksi Polimerisasi Resin Poliester	13
Gambar 2.10	Gelombang Transversal.....	17
Gambar 2.11	Gelombang Longitudinal.....	18
Gambar 2.12	Pemantulan Gelombang	19
Gambar 2.13	Pembiasan Gelombang	19
Gambar 2.14	Difraksi Gelombang.....	20
Gambar 2.15	Interfrensi Gelombang.....	21
Gambar 2.16	Proses <i>Handlay Up</i>	30
Gambar 2.17	Proses <i>Spray Up</i>	30
Gambar 2.18	Proses <i>Filament Winding</i>	31
Gambar 2.19	Proses <i>Compression Molding</i>	32
Gambar 2.20	Proses <i>Injection Molding</i>	33
Gambar 2.21	Prototipe Dashboard.....	35
Gambar 2.22	Reverbration Room	36
Gambar 2.23	Anechoic Chamber.....	37
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 3.2	Diagram Alir Pembuatan Prototipe.....	40
Gambar 3.3	Diagram Alir Pembuatan Komposit.....	41
Gambar 3.4	Nanoselulosa.....	42
Gambar 3.5	Resin Poliester.....	43
Gambar 3.6	Fiberglass Woeven Roving.....	43
Gambar 3.7	Katalis.....	44
Gambar 3.8	Styrene Monomer	44

Gambar 3.9	Pelumas Vaseline	45
Gambar 3.10	Triplek.....	45
Gambar 3.11	Blender Airlux	46
Gambar 3.12	Alat Uji SEM	46
Gambar 3.13	Alat Uji FTIR.....	47
Gambar 3.14	Alat Uji Densitas	47
Gambar 3.15	Ruang Reverbrasi	48
Gambar 3.16	Ruang Semi Ancheoic Chamber	48
Gambar 3.17	Speaker.....	49
Gambar 3.18	Mic.....	49
Gambar 3.19	Stabilizer.....	49
Gambar 3.20	Penimbangan SM, UPR dan Katalis	50
Gambar 3.21	Proses Pelapisan Cetakan	50
Gambar 3.23	Proses Penimbangan Nanoselulosa	51
Gambar 3.24	Proses Pencampuran Nanoselulosa ke Resin	51
Gambar 3.25	Diagram Skematik Cara Kerja SEM.....	52
Gambar 3.26	Proses Pelapisan dengan JFC-100.....	54
Gambar 3.27	Skema Alat FTIR.....	55
Gambar 3.28	Proses Pengujian Densitas.....	56
Gambar 4.1	Hasil <i>Transmission Loss</i>	61
Gambar 4.2	Spektrum FTIR Tanpa Nanoselulosa.....	63
Gambar 4.3	Spektrum FTIR Nanoselulosa.....	65
Gambar 4.4	Hasil SEM UPR.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Selulosa	9
Tabel 2.2 Sifat Resin Poliester	13
Tabel 2.3 Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi	18
Tabel 2.4 Koefisien Penyerapan Bunyi Material	21
Tabel 2.5 Penelitian Sebelumnya	26
Tabel 2.6 Nilai STC Berdasarkan ASTM E 413	33
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	56
Tabel 4.1 Hasil Uji <i>Transmission Loss</i>	58
Tabel 4.2 Spesimen 1.5mm Nanoselulosa.....	59
Tabel 4.3 Spesimen 1.5mm Plain.....	60
Tabel 4.4 Daerah Serapan Inframerah UPR.....	63
Tabel 4.5 Daerah Serapan Inframerah UPR Nanoselulosa ..	65
Tabel 4.6 Hasil Uji Densitas.....	68

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB I **PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan adanya berbagai inovasi yang dilakukan dalam bidang material, serat alam kembali dikembangkan oleh peneliti untuk dijadikan sebagai bahan penguat komposit. Hal ini dikarenakan serat alam memiliki kelebihan yaitu bersifat elastic dan kuat, kandungannya melimpah di alam, ramah lingkungan dan biaya produksi yang lebih rendah.

Serat alam merupakan serat yang langsung diperoleh dari alam. Serat alami di produksi oleh hewan, tumbuh – tumbuhan, dan proses geologi. Indonesia sebagai Negara dengan keanekaragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat material komposit.

Komposit polimer komersil pada umumnya menggunakan resin termoset sebagai matriks karena penggunaannya yang lebih cocok untuk bidang struktural. Diantara banyaknya jenis resin termoset, polyester tidak jenuh merupakan jenis yang paling umum digunakan karena memiliki sifat penyusutan yang rendah, dapat dicetak pada suhu ruangan, viskositas yang sangat rendah, ketahanan termal dan cuaca yang baik serta biayanya yang murah. Material komposit memiliki peranan penting dalam industry manufaktur saat ini, salah satunya dalam bidang otomotif.

Dalam dunia otomotif khususnya industri roda empat, fasilitas kenyamanan berkendara menjadi bagian yang penting diperhatikan, salah satunya adalah penyerap suara. Fasilitas ini diperlukan untuk mengurangi kebisingan dari lalu lintas di luar kendaraan roda empat tersebut. Kebisingan yang disebabkan oleh lalu lintas memiliki tekanan bunyi 80-100 dB. Sumber kebisingan tertinggi pada kehidupan manusia adalah pada kendaraan bermotor (55%). Sementara berdasarkan PerMen LH no.07 tahun 2009 disebutkan bahwa batas maksimal suara pada kendaraan



roda empat berpenumpang dibawah 8 orang adalah 77-80 dB (Mediastika, 2009).

Dengan pembuatan komposit menggunakan komposit matriks polyester dengan campuran nanoselulosa dengan variasi fraksi massa dengan ketebalan 1,5 mm dengan penambahan nanoselulosa dan ketebalan 1,5 mm tanpa penambahan nanoselulosa diharapkan nantinya dihasilkan material otomotif untuk aplikasi Dashboard pada mobil yang mempunyai kemampuan absorpsi suara yang baik serta ramah lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas sebelumnya, perumusan masalah yang diidentifikasi pada penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap densitas komposit poliester?
2. Bagaimana pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap nilai *Transmission Loss* komposit poliester?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Menganalisis pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap densitas komposit poliester
2. Menganalisis pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap nilai *Transmission Loss* komposit poliester

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya dianggap sangat kecil bagi proses penelitian ini sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Adanya pengotor pada serat diabaikan
2. Kadar uap air dan gas di atmosfer dianggap tidak berpengaruh



3. Distribusi persebaran serat dianggap merata
4. Ukuran serat dianggap homogen

1.5. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang Nano komposit
2. Menciptakan produk *Dashboard* pada mobil dengan metode *Hand Lay-up* yang mempunyai kemampuan absorpsi suara yang baik serta ramah lingkungan



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Komposit merupakan material kombinasi makroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda baik secara fisik ataupun kimiawi, dengan tujuan untuk mendapatkan sifat sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik daripada sifat masing masing komponen penyusunnya bahan komposit berarti dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung secara makroskopis menjadi satu bahan yang berguna. Bahan tersebut mempertahankan sifatnya dalam komposit yaitu, saling tidak larut atau menggabungkan sepenuhnya. Biasanya, komponen dapat diidentifikasi secara fisik dan menunjukkan sebuah antar muka anatara satu dengan lain. (Robert,1999).

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

a. Penguat (reinforcement), yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat, dalam laporan ini penguat komposit yang digunakan yaitu dari serat alam.

b. Matriks, umumnya lebih ductile tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang Fungsi utama dari penguat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada penguat, sehingga penguat akan menahan beban sampai beban maksimum. Karena demikian penguat harus memiliki sifat tegangan taik dan nilai modulus lebih tinggi disbanding matriks komposit. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan) yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Melindungi serat.
- Melepas ikatan.
- Tetap stabil setelah proses manufaktur.



- Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat.
- Melindungi serat.
- Mentransfer tegangan ke serat.
- Memisahkan serat.

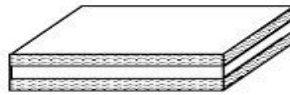
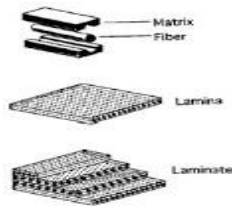
Bahan komposit dapat diklasifikasikan bermacam-macam tergantung pada konsep yang diinginkan. Klasifikasi material komposit berdasarkan tipe penguat adalah :

1. Komposit serat

merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman

2. Komposit Laminat

Komposit laminat adalah komposit yang tersusun dari dua atau lebih lapisan material berbeda yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel lamina logam atau lamina saran madu tawon (honeycomb core) atau lamina lembar tipis (skin) atau kombinasi dari lamina – lamina dengan material yang berbeda dimana lapisan (layer) tersebut saling terikat. Dapat dilihat pada gambar 2.2.

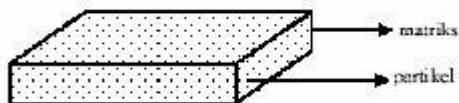


Gambar 2. Laminated Composites

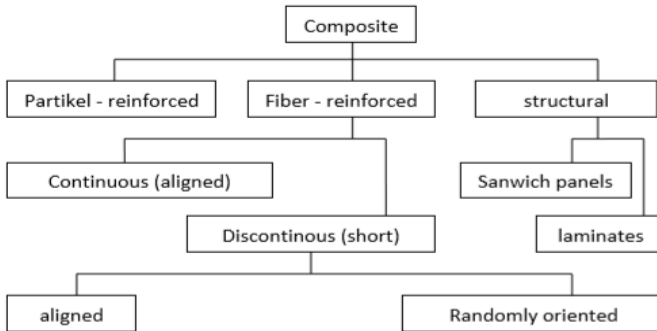
Gambar 2.1 Komposit Laminat (Daniel, 2000)

3. Komposit Partikel

Komposit partikel adalah komposit yang memiliki peran partikel membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastik matriks yang ada disela sela partikel. Partikel juga berperan meningkatkan kekakuan komposit jika diaplikasikan pada matriks yang relatif ulet.



Gambar 2.2 Komposit Partikel (Daniel, 2000)



Gambar 2.3 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Matriks

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu *Polymer matriks composites* (PMC), *Metal matriks composites* (MMC), dan *Ceramics matriks composites* (CMC), seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.3.

Polimer merupakan matriks yang banyak. Karena memiliki sifat yang lebih ringan dan tahan terhadap korosi. Matriks polimer terbagi menjadi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaan dari termoset dan termoplastik adalah termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang. Dalam penggunaan matriks harus diperhatikan sifat – sifatnya seperti : tahan terhadap panas, tahan terhadap guncangan dan cuaca buruk (Gibson, 1994).

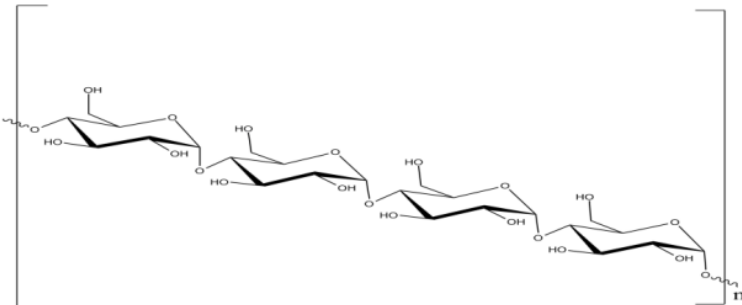
2.2 Nanoselulosa

Partikel nanoselulosa adalah material selulosa jenis baru yang memiliki banyak kegunaan dalam berbagai Aplikasi. Metode sintesis yang digunakan sangat berpengaruh terhadap ukuran partikel, kristalinitas, dan kemurnian nanoselulosa. Sehingga, perlu pendekatan lebih lanjut untuk mengetahui efektifitas berbagai



metode yang digunakan para peneliti dalam melakukan sintesis nanoselulosa.

Di bumi ini, selulosa merupakan polimer yang berlimpah yang mewakili 1.5×10^{12} ton dari total produksi biomassa tahunan dan merupakan material terbarukan, dapat didegradasi alam, serta tidak beracun. Selulosa terdapat pada kayu, jerami, kapas, ampas tebu dan bahan nabati lainnya (Lu, 2010).

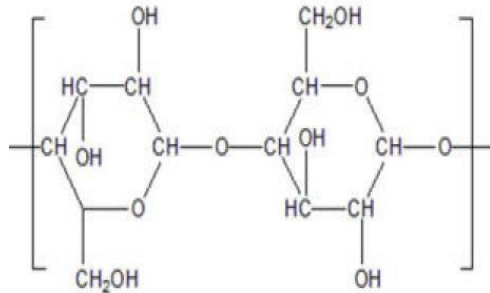


Gambar 2.4. Rantai Selulosa (Pushpamalar, 2006)

Selulosa merupakan homopolimer linear dengan ikatan (1→4) β unit glukopiranos. Molekul lurus dengan unit glukosa rata-rata sebanyak 5000 ini beragregasi membentuk fibril yang terikat melalui ikatan hidrogen di antara gugus hidroksil ada rantai di sebelahnya. Selulosa adalah salah satu komponen utama dari ligniselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik. Partikel Nanoselulosa pada dasarnya terdiri dari nanokristal selulosa, nanofibril selulosa, bakterial selulosa. Ada beberapa cara untuk membuat nanopartikel selulosa, antara lain homogenisasi, mikrofluidisasi, microindring, cryocrushing, hidrolisis asam, oksidasi TEMPO atau ombinasinya (Beck-Candaneo et al dan Chen et al, 2014). Selulosa merupakan homopolisakarida yang mempunyai molekul berbentuk linear



(Pushpamalar, 2006). Struktur kimia selulosa ditunjukkan oleh gambar 2.5



Gambar 2.5. Struktur Kimia Selulosa (Chen, 2014)

Tabel 2.1. Sifat selulosa dan beberapa material penguat (Chen, 2014)

Material	$\rho/\text{g cm}^{-3}$	σ_f (GPa)	E_A (GPa)	E_y (GPa)
Kevlar -49 fiber	1.4	3.5	124–130	2.5
Carbon fiber	1.8	1.5 – 5.5	150-500	-
Steel Wire	7.8	4.1	210	-
Clay Nanoplatelets	-	-	170	-
Carbon Nanotubes	-	11 – 63	270-950	0.8-30
Boron nanowhiskers	-	2 – 8	250-360	-
Crystalline Cellulose	1.6	7.5 – 7.7	110-220	10-50
P = density, σ_f = tensile strength, E_A = elastic modulus in axial direction, E_y = elastic modulus in transverse direction				

Tabel diatas adalah penerapan nanoselulosa dengan penambahan material penguat

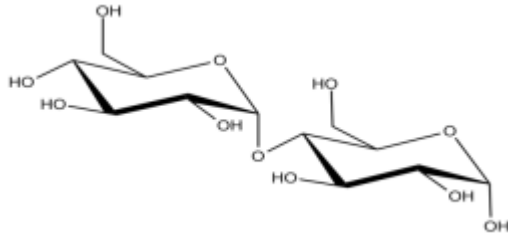
Selulosa dapat dibedakan menjadi:

- **α -Selulosa**

α -Selulosa tidak dapat larut dalam larutan NaOH dengan kadar 17,5% pada temperatur 8 – 20°C



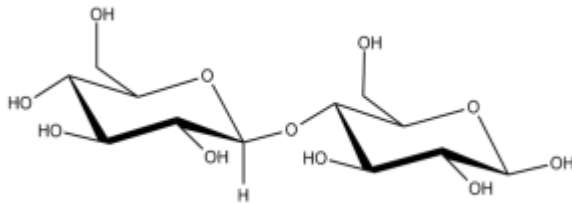
dan merupakan bentuk sebenarnya yang dikenal sebagai selulosa.



Gambar 2.6. Selulosa α (Nuringtyas, 2010)

- **β -Selulosa**

β Selulosa mudah larut dalam larutan NaOH yang mempunyai kadar 17,5% pada suhu 20oC dan mengendap pada larutan yang bersuasana asam



Gambar 2.7. Selulosa β (Nuringtyas, 2010)

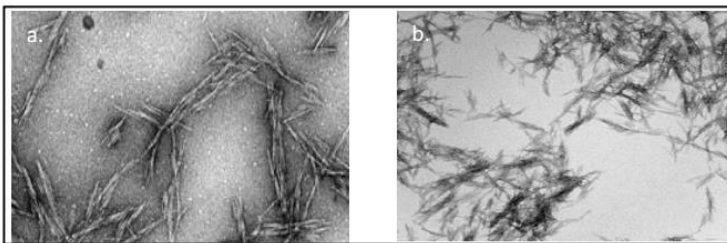
- **γ -Selulosa**

γ Selulosa mudah larut dalam larutan NaOH yang mempunyai kadar 17,5% pada suhu 20oC dan tidak akan terbentuk endapan setelah larutan dinetralkan.
9 α -Selulosa sangat menentukan sifat tahanan kertas,



semakin banyak kadar dari α - Selulosanya menunjukkan semakin tahan lama kertas tersebut. Dan mempunyai sifat hidrofilik yang lebih besar pada γ dan β -Selulosa dari pada α -Selulosanya (Solechudin dan Wibisono, 2002).

Cara lain untuk memperoleh nanopartikel selulosa dengan rendemen tinggi adalah dengan prosedur mekanik. Isolasi nanoselulosa dimulai dengan pemutihan residu padat dengan NaOH, dan dicuci dengan air dan ditambahkan NaOCl₂ untuk proses delignifikasi atau menghilangkan hemiselulosa, lignin, dan pektin. Prosedur berikutnya adalah defibrilasi selulosa menjadi nanoselulosa menggunakan sonifikasi (Mondragon, 2014).



Gambar 2.8. Analisis TEM dari nanoselulosa yang dihasilkan didapat dari: (a) Sadegifar dkk., (2011) dan (b) Wang dkk., (2008)

Gambar 2.8 menunjukkan mikrografi TEM dari nanoselulosa tandan kosong kelapa sawit yang dipreparasi dengan hidrolisis asam. Analisa TEM nanoselulosa menunjukkan beberapa nanopartikel teraglomerasi. Adanya Aglomerasi disebabkan oleh adanya gaya Tarik menarik yang disebabkan oleh gaya Van Der Walls. (Othman, 2012)



2.3 Bahan Penyusun Komposit

Komposit merupakan penggabungan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi satu material baru. Adapun bahan penyusun komposit terdiri dari:

2.3.1 Bahan Penguat (*Reinforcement*)

Reinforcement adalah salah satu bagian utama dari komposit yang bergungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Bahan penguat (*Reinforcement*) biasanya kaku dan tangguh, *reinforcement* dapat dibedakan menjadi bahan alami dan bagan buatan. Contoh bahan penguat alami berupa serat kelapa, serat eceng gondok dan masih banyak lainnya. Dan contoh bagan penguat buatan berupa serat karbon, serat gelas dan keramik.

2.3.2 Matrik

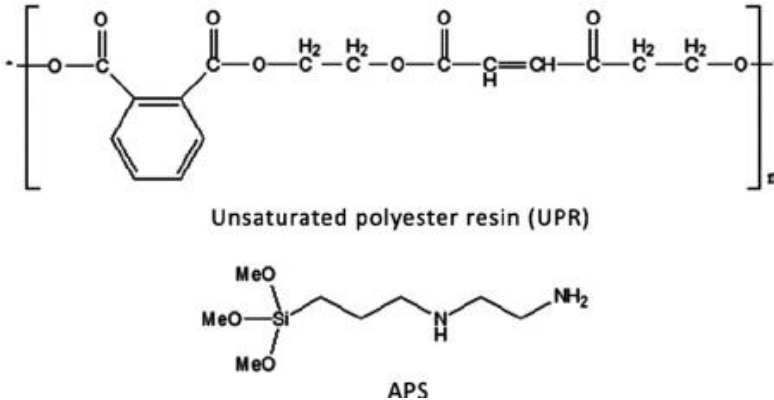
Menurut Gibson (1994), bahwa *matrik* dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. *Matrik* adalah fasa dalam komposit yang memiliki bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik umumnya lebih lentur tetapi memiliki kekuatan yang lebih rendah. Syarat poko matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus mampu meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik. Matrik *Polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya murah. *Polyester* dapat digunakan apda temperature kerja sampai 79°C atau lebih tergantung partikel resin dan kepeluannya (Schwartz, 1984)

2.4 Poliester

Unsaturated polyester resin (UPR) merupakan jenis polimer thermoset. Dimana terbuat dari reaksi polimerisasi antara asam dikarbositat dengan glikol. Poliester tidak jenuh sering digunakan dalam industri komposit. UPR memiliki sifat kimia dan mekanik yang baik, ketahanan terhadap bahan kimia dan harganya relatif murah. Keuntungan lain dari UPR adalah dapat difabrikasi



dan diisi dengan serat dalam bentuk cair (Kumar, 2009). Gambar 2.9 menunjukkan reaksi pembentukan *Unsaturated polyester*

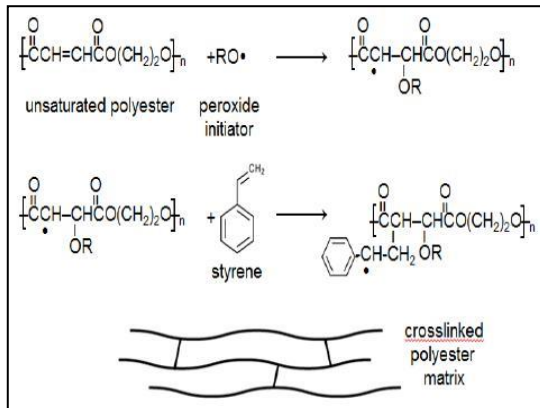


Gambar 2.9. Reaksi pembentukan *Unsaturated polyester*
(Mallick, 2008)

UPR berupa resin dengan viskositas yang cukup rendah, mengeras pada temperatur kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu manufaktur seperti banyak resin termoset lainnya. (Michael, 2013). Tabel 2.2 menunjukkan sifat resin poliester pada 23°C.

Tabel 2.2. Sifat resin termoset poliester pada 23°C (Mallick, 2008)

Sifat	Nilai
Densitas (g/cm ³)	1.1 – 1.43
Kekuatan Tarik (tensile strength), MPa (psi)	34.5 – 103.5 (5000-15000)
Modulus Elastisitas (<i>tensile modulus</i>), GPA (10 ⁶ psi)	2.1-3.45 (0.3-0.5)
Elongasi (%)	1-5
<i>Cure Shrinkage</i> (%)	5-12



Gambar 2.10. Reaksi polimerisasi resin poliester (Richard, 2013)

Reaksi polimerisasi di inisiasi oleh metal etil keton peroksida sebagai katalis, yang selanjutnya bereaksi dengan gugus fungsi vinyl pada molekul *styrene* menghasilkan matriks berikatan silang (Richard, 2013). Reaksi ini menghasilkan H_2O yang kemudian H_2O akan bereaksi dengan cincin selulosa yang satunya (*cellobiose*) membentuk ikatan O-H dan menghasilkan ion H^+ (Afira, 2016).

2.5 Hukum Pencampuran

Sifat pembentuk komposit dibentuk dengan beberapa factor, antara lain: bentuk geometris, rasio perbandingan, struktur, proses pembuatan dan orientasi bahan penyusun (Sulistijono, 2012). Total massa dari komposit ialah jumlah dari massa fiber dan matriks, dituliskan dengan persamaan:

$$mc = mm + mf \quad (2.1)$$

$$\rho c.vc = \rho m.vm + \rho f.vf \quad (2.2)$$

sehingga didapatkan massa jenis dari komposit:

$$\rho c = (\rho m.vm + \rho f.vf) vc \quad (2.3)$$



apabila di rubah kedalam fraksi massa persamaannya menjadi:

$$\rho_c = 1 / (m_f/\rho_f + m_m/\rho_m) \quad (2.4)$$

dapat dituliskan dengan persamaan:

$$M_f + M_m = 1 \quad (2.5)$$

Dimana:

m_c : massa komposit (gr)

v_c : volume komposit (cm³)

ρ_c : massa jenis komposit (gr/cm³)

m_f : massa fiber (gr)

v_f : volume fiber (cm³)

ρ_f : massa jenis fiber (gr/cm³)

m_m : massa matriks (gr)

v_m : volume matriks (cm³)

ρ_m : massa jenis matriks (gr/cm³)

M_f : fraksi massa fiber

M_m : fraksi massa matriks

2.6. Gelombang dan Bunyi

2.6.1 Gelombang

Gelombang adalah gejala rambatan dari suatu getaran/usikan. Gelombang terjadi apabila sumber getaran ini bergetar terus menerus. Gelombang membawa energi dari satu tempat ke tempat lainnya serta dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus – menerus. Namun, medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Contohnya adalah bunyi yang merambat melalui medium udara, partikel – partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja. Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi:



1. Gelombang mekanik

Gelombang mekanik adalah gelombang yang dalam proses perambatannya memerlukan medium (zat perantara). Artinya jika tidak ada medium, maka gelombang tidak terjadi. Contohnya adalah Gelombang Bunyi yang zat perantaranya udara, jadi jika tidak ada udara bunyi tidak terdengar. Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada tali, dan gelombang air

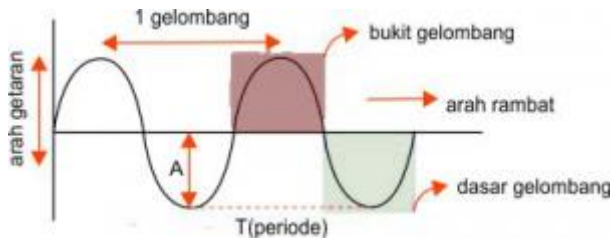
2. Gelombang elektromagnetik

Gelombang Elektromagnetik adalah gelombang yang dalam proses perambatannya tidak memerlukan medium (zat perantara). Artinya gelombang ini bisa merambat dalam keadaan bagaimanapun tanpa memerlukan medium. Contohnya adalah gelombang cahaya yang terus ada dan tidak memerlukan zat perantara.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus dengan arah rambat gelombang. Bentuk gelombang transversal dapat dilihat melalui tali yang diikatkan pada sebuah tiang kemudian di gerakkan. Tali tersebut akan membentuk lengkungan yang terdiri atas bukit dan lembah. Bagian gelombang yang melengkung ke atas disebut bukit. Sedangkan bagian gelombang yang melengkung ke bawah disebut lembah. Gelombang transversal ditunjukkan oleh Gambar 2.11



Gambar 2.11. Gelombang Transversal (Yusup, I. 2017)

Keterangan:

λ = panjang gelombang, satuannya meter (m)

Amplitudo = simpangan maksimum dari titik seimbang.

Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v dan satuannya m/s. Frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati satu titik, satuannya sekon. Hubungan antara v , λ , T dan f ialah:

$$f = 1/T \quad (2.6)$$

$$\lambda = v \times T \quad (2.7)$$

$$\lambda = v/f \quad (2.8)$$

$$v = \lambda \times f \quad (2.9)$$

Arah rambat gelombang di atas adalah ke kiri dan ke kanan, sedangkan arah getarnya adalah ke atas dan ke bawah. Untuk perbandingan, jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 – 20000 Hz. Tabel 2.3 menunjukkan jarak rentang frekuensi sumber bunyi.

Tabel 2.3. Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi (Resnick dan Halliday, 1992)

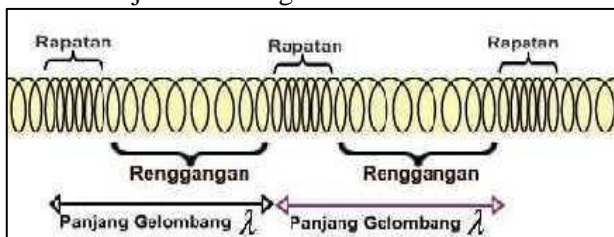
Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85 – 5000



Piano	30 – 4100
Pitch Music Standart	440
Terompet	190 – 990
Drum	95 – 180
Mobil	15 0 – 30000
Mesin Jet	5– 50000

2. Gelombang longitudinal

Arah rambat gelombanganya ke kiri dan ke kanan, dan arah getarnya ke kiri dan ke kanan pula. Oleh karena itu gelombang ini adalah gelombang longitudinal yang arah getar dan arah rambatnya sejajar. Contoh gelombang ini adalah Gelombang bunyi, di udara yang dirambati gelombang ini akan terjadi rapatan dan renggangan pada molekul-molekulnya, dan saat ada rambatan molekul-molekul ini juga bergetar. Akan tetapi getarannya hanya sebatas gerak maju mundur dan tetap di titik keseimbangan. Gelombang longitudinal ditunjukkan oleh gambar 2.12

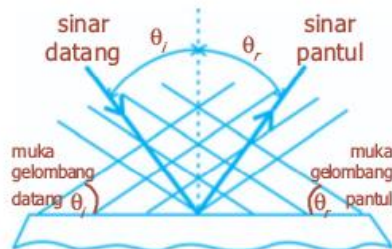


Gambar 2.12. Gelombang longitudinal (Resnick dan Halliday, 1992)

2.6.1.1 Sifat Gelombang

a) Pemantulan

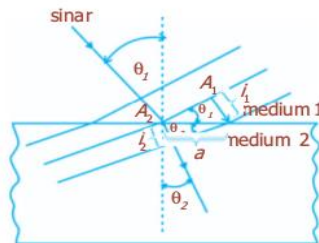
Pemantulan (refleksi) adalah peristiwa pengembalian seluruh atau sebagian dari suatu berkas partikel atau gelombang bila berkas tersebut bertemu dengan bidang batas antara dua medium.



Gambar 2.13. Pemantulan Gelombang (Yusup, I. 2017)

b) Pembiasan

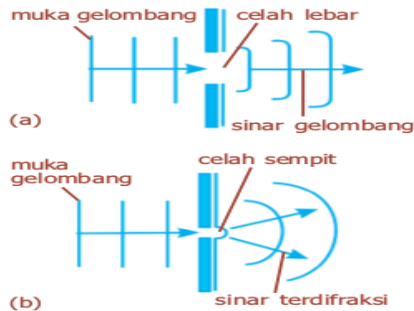
Perubahan arah gelombang saat gelombang masuk ke medium baru yang mengakibatkan gelombang bergerak dengan kelajuan yang berbeda disebut pembiasan. Pada pembiasan terjadi perubahan laju perambatan. Panjang gelombangnya bertambah atau berkurang sesuai dengan perubahan kelajuannya, tetapi tidak ada perubahan frekuensi. Peristiwa ini ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.14. Pembiasan Gelombang (Yusup, I. 2017)

c) Difraksi

Difraksi merupakan peristiwa penyebaran atau pembelokan gelombang pada saat gelombang tersebut melintas melalui bukaan atau mengelilingi ujung penghalang. Besarnya difraksi bergantung pada ukuran penghalang dan panjang gelombang, seperti pada Gambar 2.14.

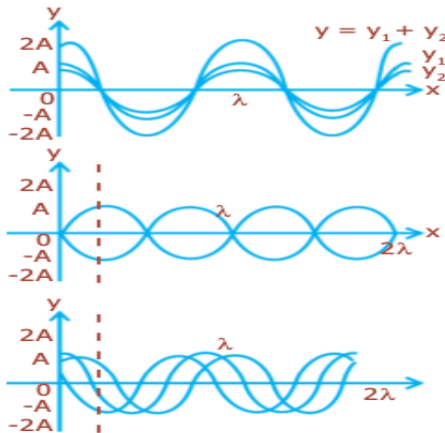


Gambar 2.15. Difraksi Gelombang (Yusup, I. 2017)

d) Interferensi

Interaksi antara dua gerakan gelombang atau lebih yang memengaruhi suatu bagian medium yang sama sehingga gangguan sesaat pada gelombang paduan merupakan jumlah vektor gangguan-gangguan sesaat pada masing-masing gelombang merupakan penjelasan fenomena interferensi. Interferensi terjadi pada dua gelombang koheren, yaitu gelombang yang memiliki frekuensi dan beda fase sama. jika dua buah gelombang tali merambat berlawanan arah, saat bertemu keduanya melakukan interferensi. Setelah itu, masing-masing melanjutkan perjalanannya seperti semula tanpa terpengaruh sedikit pun dengan peristiwa interferensi yang baru dialaminya. Sifat khas ini hanya dimiliki oleh gelombang.

Jika dua buah gelombang bergabung sedemikian rupa sehingga puncaknya tiba pada satu titik secara bersamaan, amplitudo gelombang hasil gabungannya lebih besar dari gelombang semula. Gabungan gelombang ini disebut saling menguatkan.



Gambar 2.16. Interferensi Gelombang (Yusup, I. 2017)

e) Dispersi

Dispersi adalah peristiwa penguraian sinar cahaya yang merupakan campuran beberapa panjang gelombang menjadi komponen-komponennya karena pembiasan. Dispersi terjadi akibat perbedaan deviasi untuk setiap panjang gelombang, yang disebabkan oleh perbedaan kelajuan masing-masing gelombang pada saat melewati medium pembias.

f) Polarisasi

Polarisasi merupakan proses pembatasan getaran vektor yang membentuk suatu gelombang transversal sehingga menjadi satu arah. Polarisasi hanya terjadi pada gelombang transversal saja dan tidak dapat terjadi pada gelombang longitudinal. Suatu gelombang transversal mempunyai arah rambat yang tegak lurus dengan bidang rambatnya. Apabila suatu gelombang memiliki sifat bahwa gerak medium dalam bidang tegak lurus arah rambat pada suatu garis lurus, dikatakan bahwa gelombang ini terpolarisasi linear.



2.6.2. Bunyi

Bunyi adalah salah satu gelombang dalam fisika, yaitu gelombang longitudinal yang dapat dirasakan oleh indera pendengaran (telinga). Bunyi juga dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang dihasilkan oleh benda yang bergetar. Setiap getaran yang terjadi akan menggetarkan molekul atau partikel udara di sekitarnya, hal inilah yang menimbulkan bunyi. Benda yang menghasilkan bunyi disebut dengan Sumber bunyi. Bunyi termasuk gelombang longitudinal, artinya bunyi membutuhkan media dalam perambatannya, nah media tersebut bisa berupa zat padat, zat cair atau gas, bunyi tidak dapat merambat pada ruang hampa. Bunyi memiliki cepat rambat yang tidak terlalu kuat, oleh karena itu bunyi membutuhkan waktu untuk berpindah dari satu tempat dari tempat lain. Contohnya adalah ketika ada petir, maka yang lebih dahulu kita sadari adalah cahaya dari petir tersebut, kemudian baru bunyinya terdengar, nah fenomena ini dikarenakan cepat rambat gelombang cahaya jauh lebih cepat dibandingkan cepat rambat gelombang bunyi.

Bunyi merupakan rangkaian perubahan tekanan yang terjadi secara cepat di udara. Perubahan tekanan ini disebabkan oleh adanya objek yang bergerak cepat atau bergetar, yang kemudian disebut sebagai sumber bunyi. Adapun tiga elemen utama yang perlu diperhatikan dalam setiap situasi akustik adalah sumber, jejak perambatan, telinga si penerima. Gelombang bunyi menjalar didalam benda padat, benda cair, dan gas. Bunyi tidak merambat melalui ruang hampa udara (vakum). Bunyi merambat melalui suatu medium dengan cara memindahkan energi kinetik dari satu molekul lainnya dalam medium tersebut (Doelle, 1972). Ketika sumber bunyi bergetar, getaran yang terjadi pada setiap detik disebut frekuensi dan diukur dalam satuan Hertz (Hz). Jumlah getaran yang terjadi setiap detik sangat tergantung pada jenis objek yang bergetar.

Syarat terjadinya bunyi:



- a) Ada benda yang bergetar (Ada sumber bunyi)
- b) Ada medium yang merambatkan bunyi (baik melalui zat padat, cair atau gas)
- c) Pendengar berada dalam jangkauan sumber bunyi
- d) Frekuensi bunyi termasuk ke dalam frekuensi yang dapat didengar oleh penerima bunyi

Sifat Bunyi:

- a) Dikategorikan sebagai gelombang, yaitu berupa hasil getaran yang merambat.
- b) Membutuhkan medium dalam perambatannya (tidak dapat merambat dalam ruang hampa).
- c) Cepat rambatnya dipengaruhi oleh medium perambatannya. Semakin padat / rapat mediumnya maka semakin cepat perambatan bunyi.
- d) Dapat mengalami Resonansi dan Pemantulan.

Frekuensi terendah yang mampu didengar manusia berada pada 20 Hz sampai pada ambang batas atas 20.000 Hz. Bunyi-bunyi yang muncul pada frekuensi di bawah 20 Hz disebut bunyi infrasonik, sedangkan yang muncul di atas 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Selain Frekuensi, faktor yang mempengaruhi suatu kebisingan adalah tekanan bunyi. Sebagai contoh bunyi yang mempunyai frekuensi 5000 Hz, jika tekanannya rendah sebesar 20 dB hampir tidak terdengar oleh kita, tetapi bunyi yang mempunyai frekuensi 80 Hz dengan tekanan bunyi 45 dB dapat didengar. Dari ilustrasi di atas dapat disimpulkan bahwa tekanan bunyi mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap tingkat kebisingan. Didalam akustik panjang gelombang sering digunakan sebagai “pengaris” untuk mengukur panjang dibanding dengan meter, kaki atau mil, karena banyak efek dari objek nyata, seperti ruangan atau rintangan, pada gelombang suara, bergantung pada panjang gelombang (Howard, 2009).



2.7. Material Akustik

2.7.1. Jenis Material Akustik

2.7.1.1. Material Penyerap

Bahan Penyerap Suara memiliki tugas penting didalam mengendalikan medan suara didalam ruangan sesuai dengan fungsi ruangan tersebut. Bahan penyerap suara ini seringkali disebut sebagai material kedap suara, sebuah istilah yang menurut hemat penulis adalah sebuah istilah yang tidak tepat. Dalam sebuah konsep akustik ruangan, harus dibedakan antara fungsi kedap (sound proofing) dan fungsi pengendalian (sound controlling). Dalam kedua fungsi, diperlukan bahan penyerap suara ini.

Ada dua tipe utama bahan penyerap suara, yaitu Bahan Penyerap Suara Berpori (Porous Absorber) dan Bahan Penyerap Suara tipe Resonansi (resonant Absorber). Kedua tipe penyerap suara ini berbeda dalam hal mekanisme penyerapan energi suara. Bahan berpori seperti karpet, korden, foam, glasswool, rockwool, cellulose fiber, dan material lunak lainnya, menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini menyerap energi suara lebih besar di frekuensi tinggi.

Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energi suara dengan mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya (misal oleh udara, atau material berpori). Ini berarti, material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan pada dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energi suara ber frekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibaliknya .



2.7.1.2. Material Pemantul

Panel pemantul digunakan jika menginginkan adanya bunyi pantul yang mendukung kualitas akustik di posisi tertentu. Bahan yang digunakan biasanya bersifat licin dan keras sehingga pemantulan spekular dapat terjadi. Hukum pemantulan bunyi terjadi sesuai dengan kaidah Snellius dimana sudut datang dengan sudut pantul. Dimensi panel setidaknya sepanjang 4 kali panjang gelombang yang dipantulkan sehingga jika panjang gelombang 0,3m (1000Hz) maka dimensi panel setidaknya 1,2m. Yang perlu diperhatikan dalam pemantulan bunyi yang baik adalah adanya waktu tunda (time delay) bunyi pantulan yang sesuai. Untuk fungsi musik, jarak waktu antara bunyi langsung dengan bunyi pantulan setidaknya 12-25 mili detik, sedangkan untuk fungsi speech atau suara manusia setidaknya berjarak kurang dari 15 mili detik.

2.7.1.3. Material Penyebar

Material penyebar bunyi / diffuser dibutuhkan jika menginginkan adanya distribusi bunyi yang merata dengan mempertahankan waktu dengung ruang. Dengan adanya diffuser, respon ruang terhadap bunyi menjadi lebih “diffuse” sehingga tidak terdapat adanya “focusing effect” atau “flutter echo” atau bahkan “echo” / gema itu sendiri yang dapat mengurangi kejelasan bunyi. Selain itu, diffuser juga membuat kesan ruang menjadi lebih “live” karena peluruhan waktu dengung menjadi lebih “smooth”. Dalam penentuan nilai sebar material dikenal dengan istilah koefisien sebar (scattering coefficient), nilai 0 berarti pantulan spekular sempurna, sedangkan nilai 1 berarti pantulan sebar sempurna.

2.8 Koefisien Serap Bunyi

Koefisien absorpsi bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisien ini dinyatakan α dengan nilai antara 0 dan 1. Nilai koefisien absorpsi 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang



diserap dan nilai koefisien absorpsi 1 menyatakan serapan yang sempurna. Misalnya pada 500 Hz bila bahan akustik menyerap 65 % dari energi bunyi datang dan memantulkan 35 % daripadanya, maka. Kualitas dari bahan penyerap suara ditunjukkan dengan harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Semakin besar nilai α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Koefisien absorpsi (α) dinyatakan sebagai perbandingan antara energi bunyi yang diserap oleh bahan tersebut dengan energi bunyi datang (Mediastika, 2009). Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4. Koefisien Penyerapan Bunyi Material Akustik (Doelle, Leslie L, 1993)

Material	Frekuensi (Hz)					
	150	250	500	1000	2000	4000
Gypsum board (13 mm)	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09
Kayu	0,15	0,11	0,1	0,07	0,06	0,07
Gelas	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Beton yang dituang	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Bata yang tidak dihaluskan	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Steel Deck (150 mm)	0,58	0,64	0,71	0,63	0,47	0,4

Ada dua macam koefisien absorpsi bunyi yaitu:



1. Koefisien absorpsi normal dengan simbol α_n , yaitu koefisien absorpsi bunyi untuk sudut datang bunyi tegak lurus (90°) pada bahan.
2. Koefisien absorpsi Sabine dengan simbol α_s atau α , yaitu harga rata-rata koefisien absorpsi bunyi untuk semua sudut.

Besarnya koefisien absorpsi suatu bahan ditentukan oleh beberapa kriteria:

1. Besarnya koefisien absorpsi bunyi suatu bahan bervariasi terhadap frekuensi bunyi artinya, harga α suatu bahan akustik berbeda-beda untuk setiap frekuensinya.
2. Harga α satu jenis bahan akan berbeda bila ketebalan dan kerapatan volumenya berbeda.
3. Suatu bahan dari jenis, ketebalan atau kerapatan yang sama akan menghasilkan nilai α yang berbeda jika diletakkan atau diinstalasi pada bahan lain yang berbeda karakteristiknya.
4. Harga α suatu bahan akan mengalami perubahan jika diberikan perlakuan terhadap permukaannya, misalnya dicat semprot atau cat poles.
5. Harga α suatu bahan akan mengalami perubahan jika dipasang dengan rongga udara di bawahnya.

2.9 Penelitian Terdahulu

Bayak hasil penelitian mengaplikasikan komposit berbahan serat alam sebagai material penyerap suara. Komposit polyester berpenguat bambu memiliki nilai α sebesar 0.835 pada frekuensi 125Hz. Serat bambu mencapai α 0.972 pada frekuensi 1000Hz. Adanya kenaikan secara signifikan dari frekuensi 125Hz dan pada frekuensi 1000Hz untuk material serat bambu (Farid dan Hosta, 2015). Penggunaan serat kelapa untuk pembuatan komposit absorpsi suara dengan matrik Fenol Formaldehide memiliki variasi berdasarkan rentang frekuensinya. Nilai koefisien absorpsi suara berada di atas 0,15 yang merupakan syarat minimal untuk material



dikategorikan sebagai material akustik merujuk kepada ISO 354 dan ISO 11654.

Absorpsi komposit dengan nilai α terbaik dicapai oleh PU (50PPG:50PPI)-5%K sebesar 0.444 pada frekuensi 2000Hz (Farid dan Rani, 2016). Penambahan variasi fraksi berat berpengaruh terhadap bentuk dan jumlah pori, semakin besar fraksi berat mikro selulosa akan mempengaruhi nilai koefisien absorpsi suara. Namun dengan adanya penambahan filler nanoselulosa akan menyebabkan adanya penurunan nilai α pada fraksi 2% dan 4%, tapi pencapaian nilai α tertinggi adalah pada 6% mencapai nilai α sebesar 0,425 pada frekuensi 4000Hz (Farid dan Afira, 2017). Tabel 2.7 menunjukkan penelitian yang telah dilakukan mengenai material penyerap suara.

Tabel 2.5. Penelitian yang telah dilakukan mengenai material penyerap suara.

Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode Pembuatan	Hasil Pengujian Absorpsi Suara
Farid, Tri (2013)	Rami dan Poliester	-	Frekuensi 125 Hz, nilai α sebesar 0.835
Farid dan Hosta (2015)	Bambu – Rami dan Poliester	-	a. Dengan aspek rasio 90, nilai α serat rami mencapai 0.836 pada frekuensi 125 Hz b. Serat bambu mencapai nilai α 0.972 pada frekuensi 1000 Hz
Farid dan Nabilla (2015)	Rami – Bambu Betung dan Gypsum	Hand lay – Up	a. Frekuensi 500 Hz, nilai α sebesar 0.372 b. Frekuensi 1000 Hz, nilai α sebesar 0.386



			c. Frekuensi 2000 Hz, nilai α sebesar 0.412 d. Frekuensi 4000 Hz, nilai α sebesar 0.44
Farid dan Rani (2016)	Serat Kelapa dan Poliurethane	Penuangan	Frekuensi 2000 Hz nilai α sebesar 0,444
Farid dan Afira (2017)	Serat Nanoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Sillicon Rubber	Penuangan	Frekuensi 4000 Hz nilai α sebesar 0.425
Limin et al (2014)	Serat Kayu dan Poliester	-	Frekuensi 4660 Hz nilai α sebesar 0.97

2.10 Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

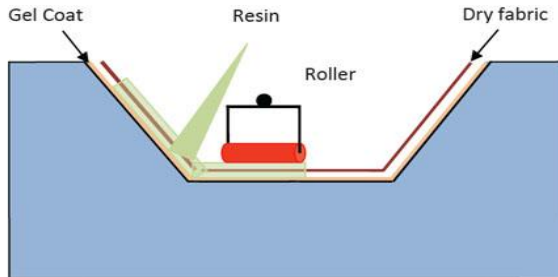
1. Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*)

a) *Contact Molding/ Hand Lay Up*

Hand lay-up adalah metode cetak terbuka yang cocok untuk membuat berbagai macam produk komposit dari yang sangat kecil hingga sangat besar. Volume produksi per cetakan rendah; Namun, layak untuk menghasilkan jumlah produksi substansial menggunakan beberapa cetakan. Menawarkan tooling biaya rendah, pengolahan sederhana, dan berbagai ukuran bagian. Perubahan desain sudah siap. Ada investasi minimum dalam peralatan. Dengan operator yang terampil, tingkat produksi yang baik. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.



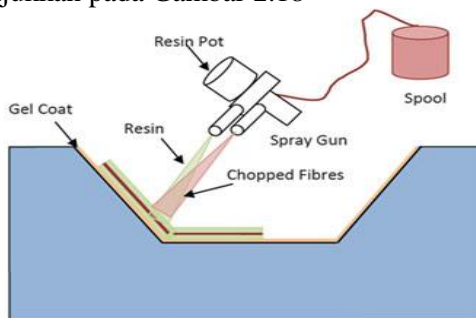
Pada metoda hand lay up ini resin yang paling banyak digunakan adalah poliester dan epoksi. Proses ini dapat kita lihat pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Proses *Hand Lay Up* (Scarponi, 2009).

b) Spray-Up

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat memproduksi bagian-bagian yang lebih kompleks dari hand lay-up. Proses spray-up dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fibre*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan spray-up telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya pada kondisi atmosfer standar. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.18

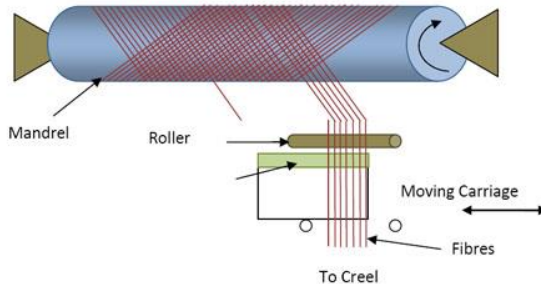


Gambar 2.18. Proses Spray-Up (Scarponi, 2009).



c) Filament Winding

Filament winding adalah proses pembuatan produk komposit closed form hollow part dengan cara melilitkan continuous reinforcement atau mono filament ke sekeliling mandrel sampai didapatkan lapisan yang diinginkan. Fiber tipe roving atau single strand dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga didapatkan lapisan serat dan fiber sesuai dengan yang diinginkan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.19

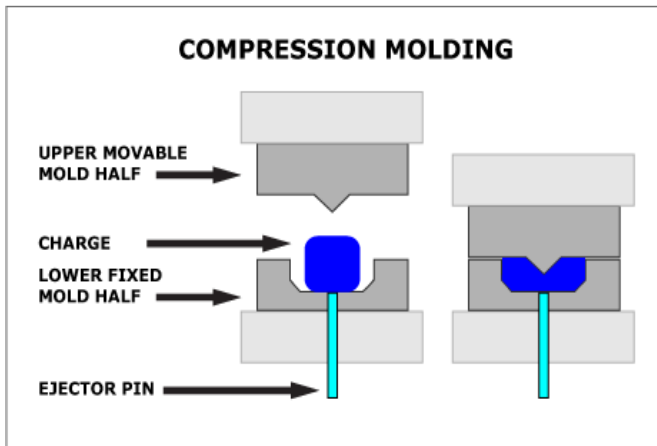


Gambar 2.19. Proses *Filament Winding* (Scarponi, 2009).

2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*)

a). Proses Cetakan Tekan (*Compression Molding*)

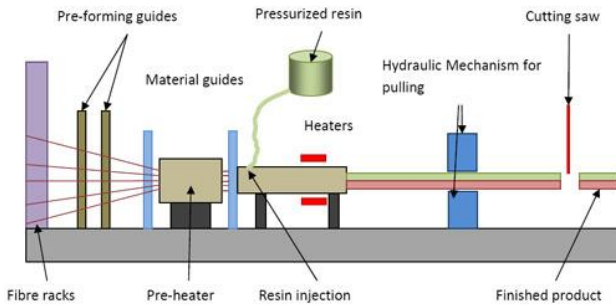
Molding kompresi adalah metode pencetakan di mana bahan cetak, umumnya dipanaskan. Proses cetak ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. *Fiber* yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20. Proses *Compression Molding* (Scarponi, 2009)

b). Continuous Pultrusion

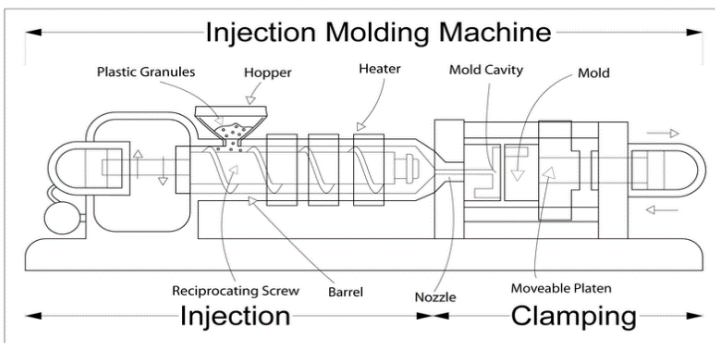
Fiber jenis roving dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (*cure*), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa di sebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau creel melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengerasakan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21. Proses *Countiuous Pultrusion* (Scarponi, 2009).

c). *Injection Molding*

Injection Moulding adalah proses manufaktur untuk memproduksi komponen dalam volume besar. Ini biasanya digunakan dalam proses produksi massal di mana bagian yang sama dibuat ribuan atau bahkan jutaan kali berturut-turut. Fiber dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperatur dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta *fiber* akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22. Proses *Injection Molding* (Hull, 2001)



2.11. Dashboard pada Mobil

Dashboard dari sebuah mobil memberikan kontribusi pada keseluruhan fungsi dan ergonomi perjalanan, seperti: Penempatan speedometer, Paddle shift, tuas wiper, tuas lampu; dll. Pengurangan berat telah menjadi fokus utama perancang dan produsen mobil dalam skenario ini. Penurunan berat *body* dapat dicapai terutama oleh penelitian bahan yang lebih baik, optimasi desain dan proses manufaktur yang lebih baik. Karena kenaikan permintaan kendaraan ringan dan lebih efisien dan kinerja mekanik material yang lebih baik dalam aplikasi otomotif, kombinasi material yang berbeda seperti komposit, plastik dan logam ringan diimplementasikan pada bagian struktural kendaraan yang berbeda.

Aplikasi bahan komposit di industri otomotif sudah mencakup beberapa bagian struktural, seperti dashboard, atap, lantai, bumper depan dan belakang, sel keselamatan penumpang, dan panel pintu. Bahan komposit yang terbuat dari serat alami dan matriks polimer memberikan sifat sinergis, meningkatkan kekuatan dan daya tahannya. Bahan-bahan ini cocok untuk mencapai komponen interior otomotif, di mana selain beratnya yang rendah juga memiliki kekakuan yang tinggi dan isolasi panas dan suara yang baik. Elemen internal kendaraan yang paling penting termasuk dashboard mobil



Gambar 2.23. Prototipe Dashboard Mobil

2.12. Transmission Loss

Transmission loss (TL) secara umum menggambarkan akumulasi penurunan intensitas bentuk gelombang ketika gelombang menjalar melalui sejumlah struktur tertentu. Ini adalah terminologi yang sering digunakan dalam optik dan akustik. Ukuran TL sangat penting dalam industri perangkat akustik.

Rugi transmisi suara (*sound transmission loss*, STL) dan kelas transmisi suara (*sound transmission class*, STC) adalah parameter yang digunakan dalam bidang akustik untuk mengetahui seberapa kuat sebuah dinding untuk mereduksi suara yang merambat melalui udara. Nilai STC ditetapkan berdasarkan baku mutu ASTM E 413 tentang Classification for Rating Sound Insulation yang dikeluarkan oleh American Society for Testing and Materials (ASTM). Deskripsi dari nilai STC adalah sebagai berikut:



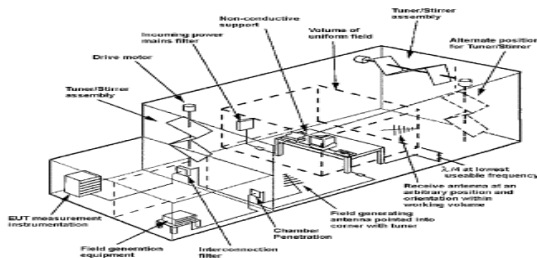
Tabel 2.6 Nilai STC (ASTM E 413)

STC	Keterangan
50 – 60	Sangat bagus sekali, suara Keras terdengar lemah/tidak sama sekali
40 – 50	Sangat bagus, suara terdengar lemah
35 – 40	Bagus, suara keras terdengar tetapi harus lebih mendengarkan
30-35	Cukup, suara normal mudah atau jelas terdengar
25-30	Jelek, suara normal mudah terdengar
20-25	Sangat jelek, suara pelan dapat terdengar

Untuk mengetahui harga dari transmission loss tersebut, ada beberapa metode pengukuran yang dapat dilakukan yaitu:

1. Metode Reverberation Room

Dalam metode tes ini, transmission loss didefinisikan sebagai perbedaan antara tingkat tekanan suara rata-rata dari ruang sumber bunyi dan ruang penerima. Proses terjadinya transmission loss pada material akustik seperti terlihat pada gambar 2.24.

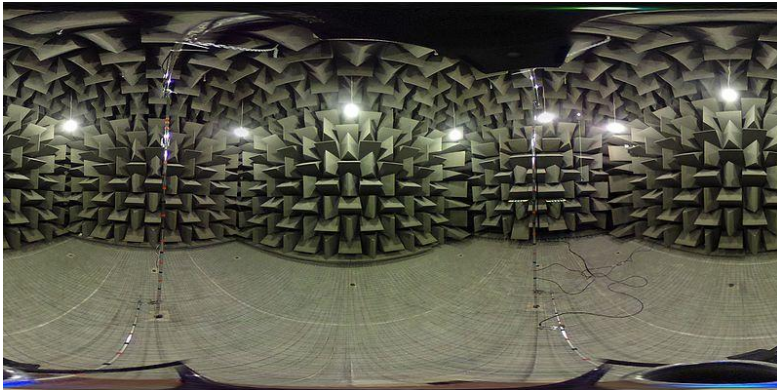


Gambar 2.24. Reverbration room untuk pengukuran transmission loss pada material akustik (Heiko, 1986).



2.12.1 Anechoic Chamber

Sebuah ruang anechoic (an-echoic meaning "non-reflective, non-echoing, echo-free") adalah ruangan yang dirancang untuk sepenuhnya menyerap pantulan suara atau gelombang elektromagnetik. Ruangan tersebut juga terisolasi dari noise yang berasal dari luar. Kombinasi dari kedua aspek adalah mensimulasikan ruang terbuka di dalam dimensi tak terbatas, yang berguna ketika hasil yang ada tidak berpengaruh dari pengaruh luar. Ruang tanpa gema awalnya digunakan dalam konteks akustik (gelombang suara) untuk meminimalkan refleksi dari ruangan tersebut (Leo, 2009).



Gambar 2.25. Ruang Anechoic Chamber (Jordan, 2015).

Di dalam ruangan tanpa gema, dinding yang menyelimutinya tidaklah seperti kebanyakan ruangan pada umumnya yang berbentuk datar. Dinding penyerap yang dimiliki ruangan tanpa gema bersifat khusus dan mempunyai bentuk-bentuk tertentu. Diantara beberapa jenis penyerap yang digunakan:

1. Penyerap bentuk piramuda
2. Penyerap bentuk prisma

Fungsi dari ruang tanpa gema secara penuh ialah mirip seperti free space, ruangan harus menunjukkan koefisien pantulnya



bernilai nol dari pengukuran dinding-dinding chamber tersebut. Pada kenyataannya tidaklah mungkin untuk mendapatkan koefisien pantul = 0, tetapi tujuan dari ruang tanpa gema ini sebenarnya ialah mendekati nilai dari nol tersebut. Anechoic chamber juga telah digunakan untuk berbagai macam kegunaan lain misalnya untuk menguji antena (pengukuran), radar atau gangguan elektromagnetik, untuk telepon bergerak, satelit dan *Tes Near Field Sites* (dengan sistem positioner) (Randal, 2005)

Pada dasarnya sifat dinding pada ruang tanpa gema dapat meredam gelombang pancar yang dibutuhkan oleh antena penerima dalam jarak tertentu yang diletakkan dalam ruangan. Peran yang dihasilkan sebagai penyerap gelombang elektromagnetik yang terdapat dalam ruangan adalah lapisan pelapis yang terdapat di setiap dinding ruang tanpa gema yang terbuat dari bahan penyusun yang dirancang sedemikian sehingga menyerap dan mendesipasikan setiap gelombang elektromagnetik yang masuk (Jordan, 2015).



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

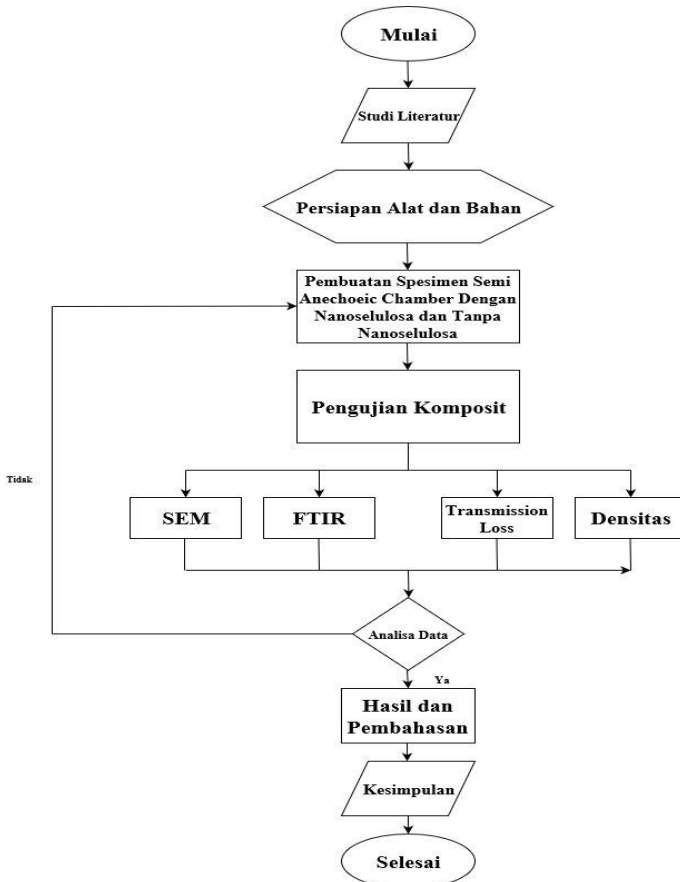
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Studi ini melakukan penelitian material komposit poliester berpenguat nanoselulosa dan serat gelas untuk aplikasi absorpsi suara pada Dashboard Mobil. Gambar 3.1

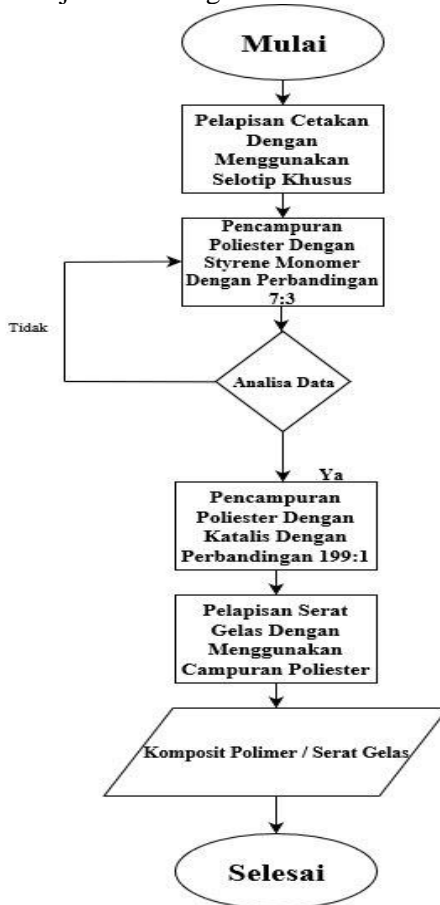


Gambar 3.1.Diagram Alir Penelitian



3.1.1. Diagram Alir Pembuatan Prototipe

Pembuatan prototipe dilakukan dengan metode ASTM C 423. Pembuatan komposit dilakukan dengan mencampurkan matriks polyester dan serat gelas. Diagram alir pembuatan komposit ditunjukkan oleh gambar 3.2

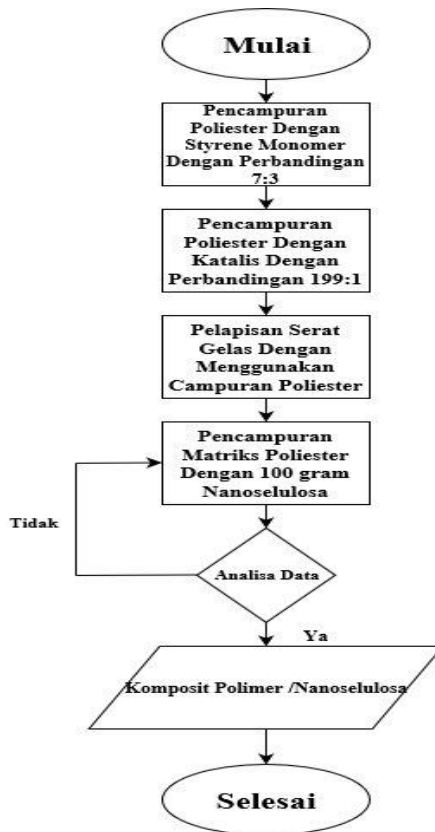


Gambar 3.2.Diagram Alir Pembuatan Prototipe



3.1.2. Diagram Alir Pembuatan Komposit

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode ASTM C 423. Pembuatan komposit dilakukan dengan mencampurkan matriks polyester, serat gelas dengan dan tanpa nanoselulosa. Diagram alir pembuatan komposit ditunjukkan oleh gambar 3.3.



Gambar 3.3.Diagram Alir Pembuatan Komposit Untuk Pengujian Transmission Loss



3.2. Bahan dan Peralatan

3.2.1 Bahan Penelitian

Dalam suatu penelitian diperlukan bahan untuk menunjang keberhasilan suatu penelitian tersebut. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.3. sampai Gambar 3.8.

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Nanoselulosa

Nanoselulosa didapat dari pembelian di Blue Goose Biorefineries inc, digunakan sebagai filler dalam pembuatan komposit pada penelitian ini , ditunjukkan oleh gambar 3.3.



Gambar 3.4. Nanoselulosa

2. *Unsaturated Polyester Resin (UPR)*

Resin Poliester didapatkan dari PT. ENJEKA. Resin Poliester digunakan sebagai matriks pada komposit. Resin poliester ditunjukkan oleh gambar 3.4.



Gambar 3.5. Resin Poliester

3. Fiber Glass Woven Roving
Fiberglass didapatkan dari PT. ENJEKA. Fiberglass digunakan sebagai filler pada komposit. Fiberglass ditunjukkan oleh gambar 3.5.



Gambar 3.6. Fiberglass Woven Roving

4. Katalis
Katalis didapatkan dari PT. ENJEKA. Resin Poliester digunakan sebagai matriks pada komposit. Katalis ditunjukkan oleh gambar 3.6.



Gambar 3.7. Katalis

5. Styrene Monomer

Styrene Monomer didapatkan dari PT. ENJEKA, digunakan sebagai pengencer pada komposit. Styrene Monomer ditunjukkan oleh gambar 3.7.



Gambar 3.8. Styrene Monomer

6. Vaseline

Vaseline didapatkan digunakan sebagai pelumas agar mudah memisahkan komposit dengan cetakan. Vaseline ditunjukkan oleh gambar 3.8.



Gambar 3.9. Vaseline

3.2.2 Alat Penelitian

Dalam suatu penelitian diperlukan peralatan untuk menunjang keberhasilan suatu penelitian tersebut. Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.6 sampai Gambar 3.13

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Triplek

Triplek digunakan sebagai cetakan dalam pembuatan komposit pada penelitian ini, ditunjukan oleh gambar 3.9.



Gambar 3.10. Triplek

2. Timbangan Digital
3. Gergaji
4. Gunting



5. Meteran
6. Kuas
7. Jangka Sorong
8. Mesin pencacah yang digunakan yaitu blender merk Airlux dengan kecepatan putar 2000 rpm. Mesin pencacah ditunjukkan oleh gambar 3.10.



Gambar 3.11. Blender Airlux

9. Alat Uji SEM
Alat uji SEM yang digunakan milik divisi karakterisasi material di Departemen Teknik Material FTI ITS, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.11.



Gambar 3.12. Alat Uji SEM Inspect S50



10. Alat Uji FTIR

Alat uji FTIR yang digunakan milik divisi karakterisasi material di Departemen Teknik Material FTI ITS, ditunjukkan oleh gambar 3.12.



Gambar 3.13. Alat Uji FTIR Nicolet IS10

11. Alat Uji Densitas

Alat uji densitas yang digunakan menggunakan timbangan digital, tabung ukur, dan *sample holder* (benang) di Laboratorium Departemen Teknik Material FTI-ITS, ditunjukkan oleh gambar 3.13.



Gambar 3.14. Alat Uji Densitas



12. Alat Uji *Transmission Loss*

Alat uji *Transmission Loss* yang digunakan menggunakan timbangan beberapa instrument seperti Speaker, Mic, dan Stabilizer di Laboratorium Departemen FISIKA FIA-ITS, ditunjukkan oleh gambar 3.15 – 3.19



Gambar 3.15. Ruang Reverbrasi



Gambar 3.16. Ruang Semi anechoic chamber



Gambar 3.17. Speaker



Gambar 3.18. Mic



Gambar 3.19. Stabilizer

3.3. Variabel Penelitian



Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah fraksi massa komposit yaitu 1,5 mm dengan penambahan nanoselulosa dan 1,5 mm tanpa penambahan nanoselulosa.

3.4. Metode Penelitian

3.4.1. Pembuatan Prototipe

Proses pembuatan komposit ditunjukkan oleh Gambar 3.20. sampai 3.21.

1. Menimbang massa unsaturated polyester dicampur styrene monomer (SM) dan katalis metal etil keton peroksida. Ditunjukkan oleh gambar 3.20



Gambar 3.20. Penimbangan SM, UPR, dan Katalis untuk prototipe

2. Melapisi cetakan dengan selotip khusus agar prototype dapat dengan mudah dipisahkan dari cetakan ketika sudah kering



Gambar 3.21. Proses pelapisan cetakan dengan selotip khusus



3. Mengukur Fiberglass dengan ukuran $1,6 \times 0,6 \text{ m}^2$ sebelum dilapisi dengan resin poliester
4. Melapisi Fiberglass dengan resin poliester yang sudah di campur SM dan katalis

3.4.2. Pembuatan Komposit

Proses pembuatan komposit ditunjukkan oleh Gambar 3.23 sampai 3.24.

1. Menimbang massa *unsaturated polyester* dicampur dengan styrene monomer (SM) dan katalis metal etil keton peroksida. Ditunjukkan oleh gambar 3.20
2. Menimbang massa nanoselulosa sebanyak 100 gram sebelum dicampur dengan resin polyester.



Gambar 3.23. Proses Penimbangan Nanoselulosa

3. Melapisi Cetakan dengan pelumas Vaseline agar komposit dapat dengan mudah dipisahkan dari cetakan saat sudah kering.
4. Mengukur Fiberglass dengan ukuran $1,1 \times 1,2 \text{ m}^2$ sebelum dilapisi dengan resin poliester.
5. Melapisi Fiberglass dengan resin poliester yang sudah di campur SM dan katalis.
6. Mencampur Nanoselulosa dengan resin poliester dan melapisinya pada komposit kedua.



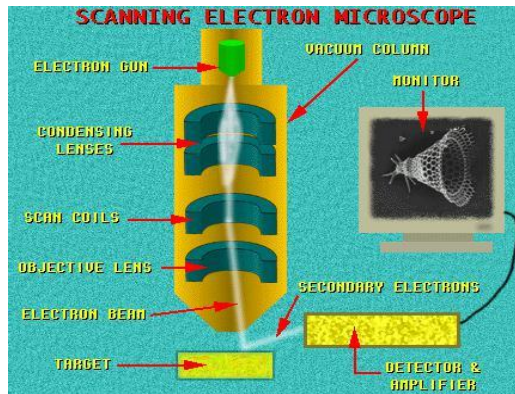
Gambar 3.24. Proses Pencampuran Nanoselulosa dengan Resin Poliester

3.4.3. Proses Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data – data yang diperlukan untuk menganalisa hasil komposit yang di buat. Ditunjukkan oleh Gambar 3.17 sampai 3.47

3.4.3.1. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Metoda SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dari suatu material berdasarkan standar ASTM E986. SEM sangat cocok digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar antara 20 kali sampai 500.000 kali. SEM terdiri dari sebuah senapan elektron yang memproduksi berkas elektron pada tegangan dipercepat sebesar 2 – 30 kV. Berkas elektron tersebut dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan gambar berukuran $< \sim 10 \text{ nm}$ pada sampel yang ditampilkan dalam bentuk film fotografi atau ke dalam tabung layar. [Trewin, 1988]. Diagram skematik dan cara kerja SEM ditunjukkan oleh Gambar 3.17.



Gambar 3.25. Diagram skematik cara kerja SEM

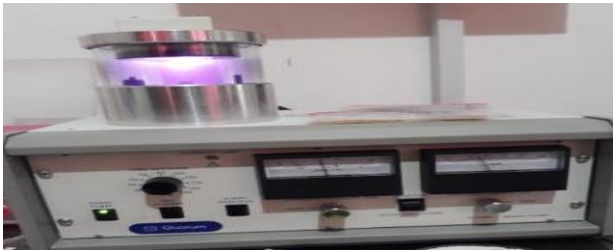
Cara kerja SEM adalah dengan menembakkan elektron dari *electron gun* lalu melewati *condensing lenses* dan pancaran elektron akan diperkuat dengan sebuah kumparan, setelah itu elektron akan difokuskan ke sampel oleh lensa objektif yang ada dibagian bawah. Pantulan elektron yang mengenai permukaan sampel akan ditangkap oleh *backscattered electron detector* dan *secondary electron detector* yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk gambar pada display..

Sewaktu berkas elektron menumbuk permukaan sampel sejumlah elektron direfleksikan sebagai *backscattered electron* (BSE) dan yang lain membebaskan energi rendah *secondary electron* (SE). Elektron – elektron BSE dan SE yang direfleksikan dan dipancarkan sampel dikumpulkan oleh sebuah *scintillator* yang memancarkan sebuah pulsa cahaya pada elektron yang datang. Cahaya yang dipancarkan kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diperbesar oleh *photomultiplier*. Setelah melalui proses pembesaran sinyal tersebut dikirim ke bagian *grid* tabung sinar katoda.



Scintillator biasanya memiliki potensial positif sebesar 5 – 10 kV untuk mempercepat energi rendah yang dipancarkan elektron agar cukup untuk mengemisikan cahaya tampak ketika menumbuk *scintillator* (Nuha Desi, 2008).

Spesimen uji seperti ditunjukkan pada Gambar 3.18. Mesin SEM yang digunakan adalah Inspect S50. Sampel yang digunakan dilengketkan pada *holder* dengan menggunakan selotip karbon *double tape*. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis *autofine-coater* JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan lapisan tipis Au-Pd (80:20) ditunjukkan oleh Gambar 3.43. Lalu, sampel dimasukkan dalam *specimen chamber* pada alat SEM. Perbesaran yang digunakan adalah 100 – 3000 kali.



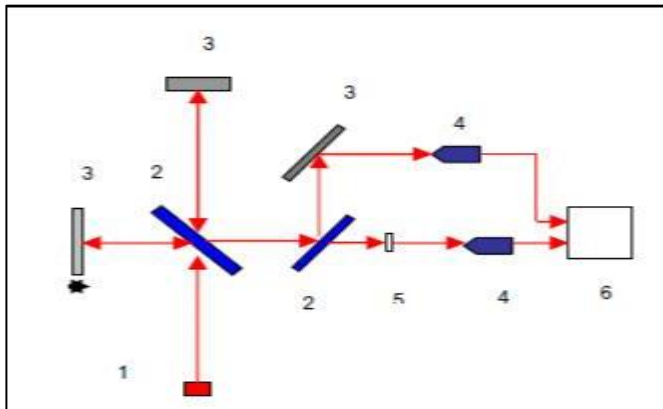
Gambar 3.26. Proses pelapisan sampel menggunakan *autofine-coater* JFC-1100

3.4.3.2. *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

FTIR merupakan instrument yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam. 2007). Spektroskopi



inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Chusnul. 2011). Spektrum inframerah dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Marcott (1986) ,Anam (2007)).



Gambar 3.27. Skema alat spektroskopi FTIR

Gambar 3.27. menunjukkan skema alat spektroskopi, angka 1 menunjukkan sumber inframerah yang ditembakkan ke pembagi berkas (beam splitter), lalu inframerah diteruskan ke sampel uji (5), setelah melewati benda uji kemudian melewati sensor inframerah, dan menghasilkan gambar akhir (Anam dkk, 2007).

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Ikatan kimia tersebut



diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Spesimen yang digunakan untuk pengujian FTIR berupa cuplikan kecil dari material yang dibuat. Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet IS10. Sampel diletakkan *sample holder*, kemudian *detector* didekatkan pada sampel. Pastikan sampel uji memiliki permukaan yang rata dan ketebalan yang sama.

3.4.3.3. Pengujian Densitas

Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui besarnya densitas dari spesimen. Standar yang digunakan adalah ASTM D792. Pengujian dilakukan dengan perhitungan massa spesimen dalam udara dan dalam air. Spesimen ditimbang di udara kemudian ditimbang ketika direndam dalam air pada temperatur ruangan dengan menggunakan benang (*holder*) untuk menahan spesimen agar tidak menyentuh dasar bejana yang digunakan, ditunjukkan oleh Gambar 3.20. Kepadatan dan berat jenis dihitung. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen SEM. Perhitungan massa dilakukan dengan mengukur massa dengan timbangan digital.



Gambar 3.28. Proses Pengujian Densitas



3.4.3.4. Pengujian Transmission Loss

Untuk mengetahui harga dari transmission loss tersebut, metode pengukuran yang dilakukan yaitu metode Metode Reverberation Room

3.5. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 3.1

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

No.	Spesimen Uji	Pengujian			
		SEM	Absorpsi Suara	FTIR	Densitas
1	Poliester 1.5 mm	V	V	V	V
2	Serat Nanoselulosa 1.5 mm	V	V	V	V



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.4. Analisis Transmission Loss

Penyerapan suara disebabkan oleh disipasi energi akustik menjadi panas. Ketika gelombang suara memasuki material berpori, partikel udara didalam pori akan bergetar, partikel – partikel yang bergetar kemudian bergesekan dengan dinding pori menyebabkan perubahan temperatur (Parthraj et al, 2014). Konduksi thermal dalam material membuat energy akustik bertransformasi menjadi energy thermal. Vibrasi serat juga menyebabkan disipasi energy akustik (Limin Peng, 2014).

Tabel 4.1. Hasil uji coba *Sound Transmission Loss*

Frekuensi (Hz)	Besarnya Harga STL (dB)	
	1,5 mm (nanoselulosa)	1,5 mm (tanpa nanoselulosa)
125	10	4
160	15	8
200	14	7
250	16	8
315	20	12
400	17	10
500	21	12
630	19	13
800	23	16
1000	25	17
1250	26	20
1600	30	24
2000	32	25
2500	33	26
3150	33	27
4000	34	28



Menentukan Sound Transmission Class menurut ASTM E413:

Kondisi STC yang harus dipenuhi:

1. Tidak boleh ada Frekuensi yang memiliki Defisiensi yang nilainya lebih dari 8
2. Total defisiensi tidak boleh lebih dari 32

Tabel 4.2. Spesimen dengan tebal 1.5 mm tanpa nanoselulosa.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss-Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	4	20	17	0
160	+13	8	21	17	0
200	+10	7	17	17	0
250	+7	8	15	17	2
315	+4	12	16	17	1
400	+1	10	11	17	6
500	0	12	12	17	5
630	-1	13	12	17	5
800	-2	16	14	17	3
1000	-3	17	14	17	3
1250	-4	20	16	17	1
1600	-4	24	20	17	0
2000	-4	25	21	17	0
2500	-4	26	22	17	0
3150	-4	27	23	17	0
4000	-4	28	24	17	0
				Total	25

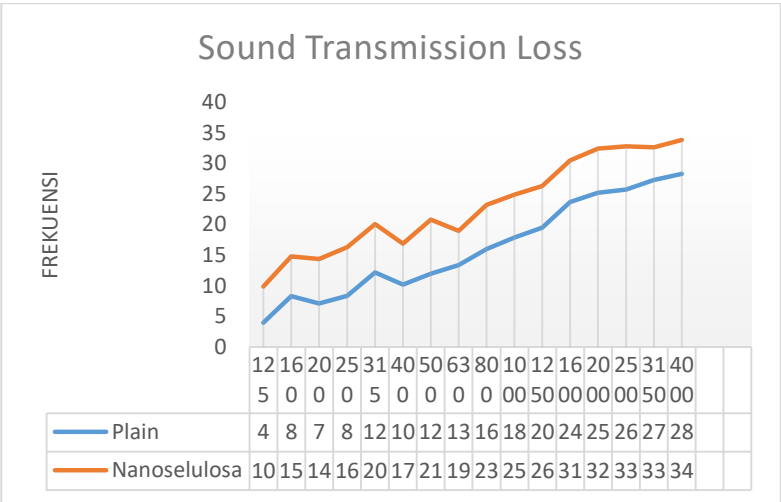
Pada STC-17, Spesimen dengan tebal 1.5 mm dan tanpa nanoselulosa ini masih memenuhi kriteria STC karena memenuhi kriteria STC sesuai ASTM E413, dimana tidak ada frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8 dan jumlah defisiensi tidak melebihi 32.



Tabel 4.3. Spesimen dengan tebal 1.5 mm dan nanoselulosa.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss- Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	10	26	25	0
160	+13	15	28	25	0
200	+10	14	24	25	1
250	+7	16	23	25	2
315	+4	20	24	25	1
400	+1	17	18	25	7
500	0	21	21	25	4
630	-1	19	18	25	7
800	-2	23	21	25	4
1000	-3	25	22	25	3
1250	-4	26	22	25	3
1600	-4	30	26	25	0
2000	-4	32	28	25	0
2500	-4	33	29	25	0
3150	-4	33	29	25	0
4000	-4	34	30	25	0
				Total	32

Pada STC-25 pesimen dengan tebal 1.5 mm dan nanoselulosa ini memenuhi kriteria STC sesuai ASTM E413, dimana tidak ada frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8 dan jumlah defisiensi tidak melebihi 32.



Gambar 4.1. Grafik Pengujian *Sound Transmission Loss*

Berdasarkan data yang dari pengujian *Sound Transmission Loss*, adanya penambahan nanoselulosa pada material uji berpengaruh pada peningkatan *Sound Transmission Class* (STC) pada hasil pengujian. Adapun nilai *Sound Transmission Class* untuk material tanpa adanya penambahan nanoselulosa adalah 17 sementara material dengan adanya penambahan nanoselulosa memiliki kelas 25. Dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan nanoselulosa dapat meningkatkan *Sound Transmission Class* dari suatu material. Menurut PerMen LH no.07 untuk standarisasi batas kebisingan kendaraan bermotor, untuk kendaraan di bawah 2 Ton batas kebisingannya adalah 81dB dan untuk dashboard yang telah diujikan memiliki tingkat pengurangan suara hingga 25. Dapat disimpulkan pengaruh dashboard cukup signifikan dalam pengurangan suara kebisingan pada kendaraan bermotor

Beberapa faktor yang mempengaruhi penyerapan suara yaitu massa jenis, ketebalan material, porositas, dan tortuosity (Parthraj et al, 2014). Tortuosity menyatakan keadaan struktur



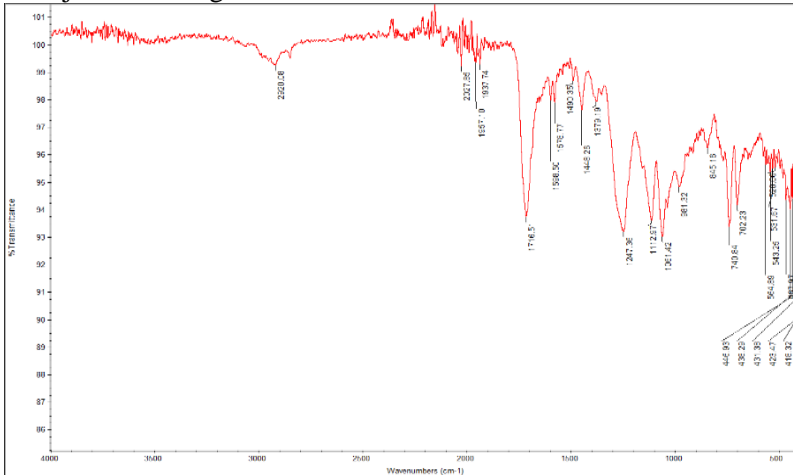
dalam material yaitu ketidakaturan pori – porinya. Semakin tinggi derajat tortuosity maka semakin baik sifat penyerapan suara dari suatu material karena aliran udara akan semakin sulit dalam material ini (Jayaraman, 2005). Semakin banyak nanosellulosa yang ditambahkan maka struktur pori – pori juga semakin acak dan tidak beraturan karena kecenderungan nanoselulosa untuk menggumpal. Hal inilah yang penyebab semakin tingginya kemampuan menyerap suara dari bahan, dibuktikan lebih tingginya nilai STC yang memiliki nanoselulosa dibanding dengan yang tidak ada nanoselulosa.

Berdasarkan data FTIR, SEM, dan Densitas yang telah didapat dan dengan dibandingkan dengan data pengujian *transmission loss*, maka dapat disimpulkan bahwa adanya nanoselulosa dalam komposit dapat menyebabkan munculnya pori pada permukaan komposit yang menyebabkan penurunan densitas pada komposit dan peningkatan nilai pengujian *transmission loss*. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Yusril Irawan pada 2013 dengan mengaplikasikan papan serat serabut kelapa dan aluminium *hollow bar* dengan matriks gypsum menghasilkan nilai STC-17, hasil yang didapatkan dari percobaan ini lebih baik. Dikarenakan komposit yang digunakan oleh Yusril Irawan memiliki tebal 3 cm, sedangkan komposit yang digunakan pada penelitian ini bertebal 1.5 mm namun memiliki nilai STC lebih tinggi yaitu STC-25



4.2. Analisis FTIR

Hasil FTIR dari specimen tanpa penambahan nanoselulosa ditunjukkan oleh gambar 4.2



Gambar 4.2. Spektrum FTIR UPR Tanpa Nanoselulosa

Tabel 4.4. Daerah Serapan Infra Merah *Unsaturated Polyester Resin* plain

Wavenumber cm^{-1}	Jenis ikatan	Gugus	Nama Senyawa
702	C-H	Ester	Polyester
741	C-H	Ester	Polyester
845	=C-H	Alkene	Polyester
980	=C-H	Alkene	Polyester
1061	C-O	Ester	Polyester
1113	C-O	Ester	Polyester
1247	C-O	Ester	Polyester
1448	C-H	Alkane	Polyester
1578	C=C	Aromatic	Polyester
1598	C=C	Aromatic	Polyester

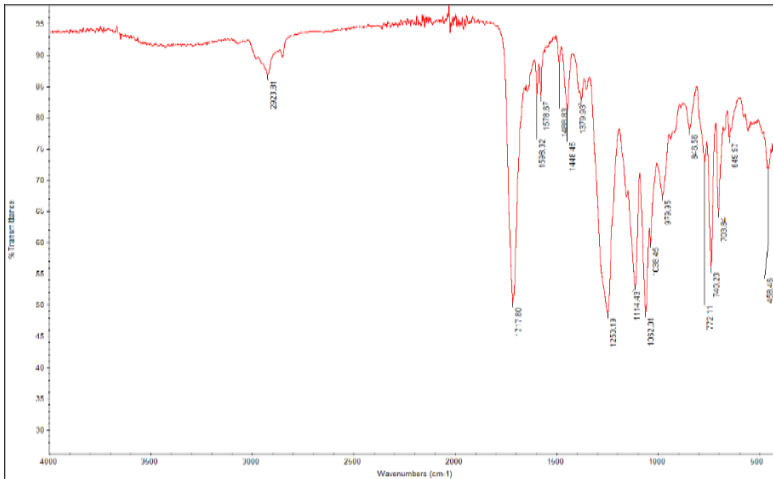


1716	C=O	Carbonyl	Polyester
2920	C-H	Alkane	Polyester

Tabel 4.1 menunjukkan daerah serapan *unsaturated polyester resin*, puncak serapan 702 cm^{-1} , 741 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mewakili gugus ester. Terdapat ikatan $\text{C}=\text{H}$ yang mewakili gugus alkane pada puncak serapan 845 cm^{-1} , 980 cm^{-1} . Daerah serapan antara 1061 cm^{-1} , 1113 cm^{-1} dan 1247 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-O yang mewakili gugus ester. Daerah serapan 1448 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mewakili gugus alkane. Puncak serapan 1578 cm^{-1} dan 1598 cm^{-1} adalah ikatan C=C yang mewakili gugus aromatic. Pada puncak 1716 cm^{-1} menunjukkan ikatan C=O yang mewakili gugus carbonyl. Dan pada puncak serapan 2920 cm^{-1} menunjukkan deformasi C-H yang mewakili gugus alkane (Mistry, 2009).

UPR dicampur dengan Styrene monomer untuk mengurangi viskositas dan metil etil keton peroksida (Mekpo) untuk mempercepat reaksi *curing*. Reaksi polimerisasi di inisiasi oleh metil etil keton peroksida sebagai katalis, kemudian bereaksi dengan gugus fungsi vinyl pada molekul *styrene* menghasilkan matriks berikatan silang (Richard, 2013).

Pengaruh penambahan nano selulosa pada komposit UPR/Nano selulosa terhadap ikatan kimia yang muncul ditunjukkan oleh Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Spektrum FTIR UPR, Nanoselulosa

Tabel 4.5. Daerah Serapan Infra Merah *Unsaturated Polyester Resin* dengan penambahan nanoselulosa

Wavenumber cm ⁻¹	Jenis ikatan	Gugus	Nama Senyawa
703	C-H	Ester	Polyester
740	C-H	Ester	Polyester
772	C-H	Ester	Cellulose
846	=C-H	Alkane	Polyester
980	=C-H	Alkane	Polyester
1038	CO-O-CO	Ester	Cellulose
1062	C-O	Ester	Cellulose
1114	C-O	Ester	Cellulose
1250	C-O	Ester	Polyester
1380	C-H	Alkane	Cellulose
1448	C-H	Alkane	Polyester, Cellulose
1578	C=C	Aromatic	Polyester



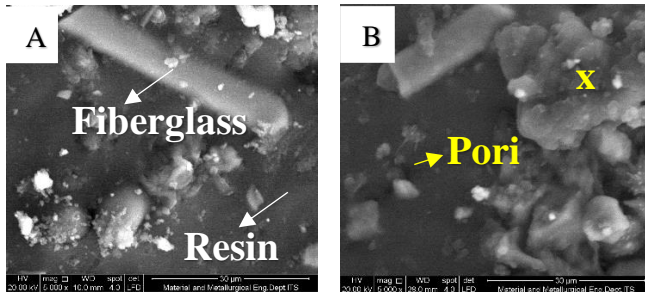
1598	C=C	Aromatic	Polyester
1718	C=O	Carbonyl	Polyester
2924	C-H	Alkane	Polyester

Tabel 4.2 menunjukkan daerah serapan *unsaturated polyester resin*, puncak serapan 703 cm^{-1} , 740 cm^{-1} , 772 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mewakili gugus ester. Terdapat ikatan =C-H yang mewakili gugus alkane pada puncak serapan 846 cm^{-1} , 980 cm^{-1} . Daerah serapan antara 1038 cm^{-1} menunjukkan ikatan CO-O-CO yang mewakili gugus ester. Daerah serapan 1062 cm^{-1} , 1114 cm^{-1} dan 1250 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-O yang mewakili gugus ester. Puncak serapan 1380 cm^{-1} dan 1448 cm^{-1} adalah ikatan C-H yang mewakili gugus alkane. Pada puncak 1579 cm^{-1} dan 1598 cm^{-1} menunjukkan ikatan C=C yang mewakili gugus aromatic. Pada daerah serapan 1718 cm^{-1} terbentuk ikatan C=O yang mewakili gugus carbonyl. Dan pada puncak serapan 2924 cm^{-1} menunjukkan deformasi C-H yang mewakili gugus alkane (Mistry, 2009).

Terdapat perbedaan pada daerah serapan infra merah UPR dan komposit UPR/Nanoselulosa TKKS, tetapi ada beberapa puncak yang hampir sama dikarenakan beberapa struktur kimia yang sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara UPR dan nanoselulosa.



4.3. Analisis SEM



Gambar 4.4. SEM Serat UPR (a) 1.5 mm, (b) 1.5 mm dan nanoselulosa

Gambar 4.4. menunjukkan hasil SEM komposit UPR/Fiberglass/Nanoselulosa. Pada perbedaan ketebalan 1.5 mm, dan 1.5 mm dengan penambahan nanoselulosa terdapat perbedaan morfologi. Perbedaan morfologi disebabkan oleh proses manufaktur komposit UPR/Nanoselulosa. Gambar (a) menunjukkan hasil SEM dari komposit *Unsaturated Polyester Resin & Fiberglass* dengan ketebalan 1.5 mm. Gambar (a) memperlihatkan serat fiberglass dan resin polyester, menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya pori pada UPR Fiberglass dan memiliki gambar yang lebih teratur dibanding gambar (b). Penambahan nanoselulosa membentuk pori pada komposit UPR/Nanoselulosa. Hal ini disebabkan karena nanoselulosa memiliki kemampuan untuk menambah pori (Svagan, 2009). Gambar (b) menunjukkan hasil SEM komposit UPR Fiberglass/Nanoselulosa dengan penambahan 1% nanoselulosa. Menunjukkan penggumpalan nanoselulosa dan pori yang tidak beraturan. Serat nanoselulosa terdiri dari nanopartikel, beberapa nanopartikel tersebut teraglomerasi membentuk gumpalan – gumpalan. Aglomerasi disebabkan oleh gaya tarik menarik Van Der Waals antar nanopartikel tersebut (Othman, 2012).



4.4 Analisis Densitas

Tabel 4.6 Pengujian densitas

No.	Spesimen	Densitas (gr/cm ³)
1	UPR 1.5 mm + Nanoselulosa	1.367
2	UPR 1.5 mm	1.48

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa menurunkan massa jenis komposit. Massa jenis UPR lebih tinggi dibandingkan massa jenis komposit UPR/Nanoselulosa. Hal ini disebabkan penambahan filler berupa serat nanoselulosa menyebabkan bertambahnya pori, sehingga membuat densitas semakin rendah (Heath, 2010). Jika diperhatikan korelasi densitas dan nilai Transmission Loss maka diketahui bahwa peningkatan kepadatan sampel menyebabkan peningkatan penyerapan suara pada daerah frekuensi sedang dan tinggi. Hal ini dijelaskan bahwa, dengan peningkatan jumlah serat per satuan luas, kepadatan sampel meningkat. Akibatnya, kehilangan energi gelombang suara meningkat karena meningkatnya gesekan permukaan, yang menyebabkan peningkatan kinerja penyerapan suara. (Koizumi, dkk, 2002). Pada UPR 1.5 mm dengan UPR 1.5 mm dengan penambahan nanoselulosa, bahan yang sama dengan ketebalan yang sama akan menghasilkan densitas berbeda, menunjukkan penambahan filler berupa serat nanoselulosa menyebabkan bertambahnya pori, sehingga membuat densitas semakin rendah



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil membuat komposit berbasis polyester dan serat gelas, dengan metode hand lay-up. Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Penambahan nanoselulosa pada komposit meningkatkan *Sound Transmission Class* sebanyak 2 tingkat dari 15-20 menjadi 25-30
2. Adanya penambahan nanoselulosa pada bahan yang sama dengan ketebalan yang sama menghasilkan densitas yang berbeda yang menunjukkan penambahan filler berupa nanoselulosa menyebabkan bertambahnya pori sehingga densitas semakin rendah

5.2. Saran

Telah dilakukan penelitian tentang rekayasa komposit UPR/Nanoselulosa sebagai bahan interior *Dashboard* mobil. Untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik disarankan:

1. Menggunakan selisih fraksi masa penambahan nanoselulosa yang lebih besar agar nilai *Transmission Loss* suara menunjukkan tren yang lebih baik
2. Menambahkan ketebalan atau dilakukan metode spray up pada penambahan nano selulosa untuk menghasilkan nilai *STC* yang lebih tinggi
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan komposit menggunakan metode yang sama.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- A.Poilluci,Richard, Christopher J. Hansen. 2013. Reducing use of styrene monomer in unsaturated polyester resins . Department of Mechanical Engineering University of Massachusetts Lowell:USA.
- Abraham, Eldho, Deepa B, Laly A Pothan, Maya Jacob John. 2011. *Extraction of nanocellulose fibrils from lignocellulosic fibres: A novel approach*. Carbohydrate Polymers 86, 1468-1475
- Aditama, Axel Gian, Moh. Farid. 2017. *Studi Bahan Akustik dan Insulasi Thermal Poliester Berpenguat Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Penuangan (Casting)*. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Anam, C. (2007). Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji Bensin dan Spiritus dengan Metode Spektroskopi FT-IR.Berkala Fisika Vol. 10, 79-85.
- Anggraeni, Nuha Desi.”Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) Dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite”.Seminar Nasional. (2008):h.50-56.
- Anggorodi, R. 1994. Ilmu Makanan Ternak. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Basyarahil, Zulfa Ilham, Moh. Farid. 2017. *Karakterisasi Dan Proses Manufaktur Komposit Polypropyleneberpenguat Serat Dendrocalamus Asper Untuk Aplikasi Ruang Mesin Otomotif*. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Beranek, Leo (10 August 2009). Written at Boston. "[Oral History Interview with Leo Beranek](#)" (Interview). Interviewed by Richard Lyon. College Park, MD: Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics. (Diakses pada 13 Maret 2018)
- Chang, S.H., .2014. *An Overview of Empty Fruit Bunch from Oil Palm as Feedstock for Biooil Production*. Biomass & Bioenergy. 1-8

- Chen, J., Xu, Y., Zheng, Y., Dai, L. and Wu, H.. 2008. *The Design, Synthesis and Characterization of Polyaniline Nanophase Materials*. *Comptes Rendus Chimie*: 11(84-89)
- Chusnul. 2011. Spektroskopi IR. [www. Scribd.com](http://www.scribd.com) diakses tanggal 13 Maret 2018
- Chow, W.S; H. Ismail; R.Z. Khoo. 2015. *Thermal and Morphological Properties of Poly (lactic acid)/Nanocellulose Nanocomposites*. *Procedia Chemistry* 19, 788-794
- Daniel G., Suong VH., Stephen WT, 2000, *Composite Materials De-sign And Applications*, CRC Press LLC, Florida.
- David, Cripss. 2010. *Manufacturing Guide and Tools*, <http://netcomposites.com/guide-tools/guide>, (Diakses pada 11 Maret 2018).
- Dian, Jonathan, Moh. Farid. 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Komposit Polyurethane Berpenguat Nanocellulose Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Akustik*. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember .
- Doelle, L. L. (1972). *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.
- Erningsih, R., & Gustiani, S. (2013). *Peningkatan Daya Serap Serat Poliester Menggunakan Selulosa Bakterial* Balai Besar Tekstil , 38 - 46.
- Ermann, Michael. 2015. *Architectural Acoustic Illustrated*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Farid, M, H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P. Wulandari. 2015. *Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre*. *Advanced Materials Research*, Vol. 1112, pp. 329-332.
- Farid, M., T. Heryanto. 2013. *Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random incidence*

- Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials.* Advance Material Research. Vol. 789, pp.269-273
- Gibson, R. F. (1994). *Principles of Composite Material Mechanics*. Michigan: McGraw-Hill, Inc.
- Heath, L., Thielemans, W. 2010. *Cellulose Nanowhisker Aerogels*. Green Chem. Vol. 12. Hal. 1448
- Habibi Y, Lucia LA, Rojas OJ. 2010. *Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications*. Chemical review 6:3479-3500. Doi:10.1021/cr900339w
- Howard, D. M., & Angus, J. A. (2009). *Acoustics And Psychoacoustic*. London: Focal Press.
- Hull, D. and Clyne, T.W. (2001). *An Introduction to Composite Materials*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IBM Flowcharting Techniques. (1970). New York: International Business Machines Corporation
- Ibrahim, M.S; S.M Sapuan; A.A. Faieza. 2012. *Mechanical and Thermal Properties of composites from Unsaturated Polyester Filled With Oil Palm Ash*. Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES) Volume 2, 133-147
- Izani, M.A. Norul, M.T. Paridah, U.M.K. Anwar, M.Y. Mohd Nor, P.S. H. 2012. *Effects of Fibre Treatment on Morphology, Tensile and Thermogravimetric Analysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches Fibres*. Composites Part B
- J. Rout, M. Misra, S.S. Tripathy, S.K. Nayak, A.K. Mohanty. 2001. *The Influence of Fibre Treatment on The Performance of Coir-Polyester Composites*. Composites Science and Technology. Vol. 61. Hal. 1303-1310.
- Jayaraman, Kannan A. 2005. *Acoustical Absorptive Properties of Nonwovens*. Thesis Faculty of North Crolina State University.USA
- Jadhav, Akshay, Mangesh Teli. 2017. *Study on the chemical composition, physical properties and structural analysis of*

- raw and alkali treated Sansevieria roxburghiana fibre*. 2017. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 11, 35-45
- Jones, Robert M .1975. *Mechanics of Composite Materials*. Scripta Book Company, : Washington, D.C.
- Julianto, Henry, Moh. Farid. 2017. *Pengembangan Bahan Akustik dan Insulasi Thermal Berbasis Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Muffler*. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Klemm D, Philipp B, Heinze T, Heinze U, dan Wagenknecht W. 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry: Fundamentals and Analytical Methods. Vol.1*. Weiheim:Wiley-VCH Verlag GmBH.
- Kumar, M. Surendra; Neeti Sharma; B.C. Ray. 2009. *Structural Integrity of Glass/Polyester Composites at Liquid Nitrogen Temperature*. Journal of Reinforced Plastics and Composites, Vol. 28, 1297-1304
- Lani, N.S; N.Ngadi; A.Johari; M.Jusoh. 2014. *Isolation, Characterization, and Application of Nanocellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber as Nanocomposites*. Journal of Nanomaterials., 1-10
- Legiviani, Lani, Moh. Farid. 2016. *Pengaruh Perbandingan Komposisi Penyusun Polyurethane dan Fraksi Massa Serat Kelapa terhadap Koefisien Absorpsi Suara dan Kekuatan Lentur Komposit Serat Kelapa pada Aplikasi Muffler*. Program Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Lehninger, L.A.2000. Dasar-dasar biokimia, Jilid I, Penterjemah M. Thenawidjaja, Jakarta: Erlangga.
- Lu P dan Hsieh YL. 2010. *Preparation and properties of cellulose nanocrystals: rods, spheres, and network*. Carbohyd Polym82: 329-336.
- M.D.Watkins, M.Nuruddin, A.Hosur, and S.Tcherbi-Narteh .2015. *Extraction and characterization of lignin from different*

- biomass resource*. J. Mater. Res. Technol., vol. 4, no. 1, pp. 26–32.
- M.M.Schwartz .1984. *Material Komposit Handbook*. McGraw-Hill, New York : Amerika Serikat.
- Mallick, P. (2007). *Reinforced Composites Materials, Manufacturing, and Design*. Michigan: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Marcott,C., .1986. *Material Characterization Hand Book vol. 10: Infrared Spektroskopy* . ASM International: Amerika.
- Mediastika, E Christina. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan*. Yogyakarta.
- Michael, E. S. (2013). *Daya Serap Air dan Kandungan Serat (Fiber Content) Komposit Poliester Tidak Jenuh (unsaturated polyester) berpengisi serat tandan kosong sawit dan selulosa*. Jurnal Teknik Kimia USU , 17-21.
- Mistry, B.D. 2009. *A Handbook of Spectroscopic Data CHEMISTRY*. Jaipur: Oxford book company
- Mondragon, G., S. Fernandes, A. Retegi, C. Pena, I. Algar, A. Eceiza, A. Arbelaiz. 2014. "A Common Strategy to Extracting Cellulose Nanoentities from Different Plants". Industrial Crops and Products. Vol. 55. Hal. 140-148.
- Morkholt, Jakob; Jorgen Hald; Sven Gade. 2011. *Sound Intensity Measurements in Vehicle Interiors*. European Union research project Cabin Noise Reduction by Experimental and Numerical Design Optimization (CREDO)
- Nuringtyas, T.R. 2010. *Karbohidrat*. Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Novet, Jordan (1 October 2015). "[Look Inside Microsoft's Anechoic Chamber, Officially the Quietest Place on Earth](#)". *VentureBeat*. (Diakses pada 14 Maret 2018)
- Othman, S. H., Rashid, S. A., Ghazi, T. I., & Abdullah, N. (2012). *Dispersion and Stabilization of Photocatalytic TiO2 Nanoparticles in Aqueous Suspension for Coatings Applications*. Journal of Nanomaterials , 1-11.

- Parmar, Rajnikant R; Parthraj R. Puranik; Piretsh R. Rana. 2014. *Nonwoven Acoustic Textiles – a Review*. International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology. Volume 5 , 81-88
- Peng, Limin; Boqi Song; Junfeng Wang; Dong Wang. 2014. *Mechanic and Acoustic Properties of the Sound-Absorbing Material Made from Natural Fiber and Polyester*. Advances in Materials Science and Engineering, 1-5
- Poillucci, R. A. (2013). *Reducing Use of Styrene Monomer in Unsaturated Polyester Resins*.
Massachusetts: University of Massachusetts Lowell
- Pratama, Rachmadhani Dian, Moh. Farid. 2017. *Karakterisasi Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Barium Heksaferrit untuk Aplikasi Penyerap Suara dan Penyerap Radar*. Tugas Akhir Program Sarjana ITS
- Pushpamalar, V., Langford, S.J., Ahmad, M. and Lim, Y.Y. 2006. *Optimization of Reaction Conditions For Preparing arboxymethyl Cellulose From Sago Waste Carbohyd*. Polym. 64: 312-31
- Raju, G., Ratnam, C.T., Ibrahim, N.A., Rahman, M.Z.A., Yunus, W.M.Z.W., 2008. *Enhancement of PVC/ENR blend properties by poly(methyl acrylate) grafted oil palm empty fruit bunch fiber*. J. Appl. Polym. Sci. 110, 368–375.
- Randall, R. H. (2005). *An Introduction to Acoustics*
- Resnick and Halliday .1992. *Fundamental of Phisic* . John Wiley and Sons, Mac Graw Hill.
- Robert, Jones, 1999. *Mechanics Of Composite Material* Vol. 2 Hal. 2
- Rosidah, Afira Ainur, Moh. Farid. 2017. *Studi Bahan Akustik Silicone Rubber Berpori Berpenguat Nano Selulosa Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ruijgork GJJ. 1993. *Elemen of Aviation Acoustics*. Delft University Press

- Sadeghifar, H.; Ilari, F.; Sarah, P. C.; Dermot F. B.; Dimitris S. A., Production of cellulose nanocrystals using hydrobromic acid and click reactions on their surface. Springer. Journal Material Science, 2011
- Scarponi, C. (2009). Industrial Applications for Natural fibre-Reinforced Composites, Department of Aerospace Engineering and Astronautics, The Sapienza University of Rome, pp.
- Shabrina, Nabilla, Moh. Farid. 2016. *Pengaruh Panjang Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Struktur Morfologi Komposit Berpenguat Serat Rami dan Bambu Betung dengan Matriks Gypsum Untuk Aplikasi Otomotif*. Program Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Shackelford, James, F., .1992. *Introduction to Material Science for Engineering*. London Prentice Hall International, Inc. : London.
- Shanmugarajah, Bawaanii, Peck Loo Kiew, Irene Mei Leng Chew, Thomas Shean Yaw
Choong, Khang Wei Tan. 2015. *Isolation of NanoCrystalline Cellulose (NCC) from Palm Oil Empty Fruit Bunch (EFB): Preliminary Result on FTIR and DLS Analysis*. Chemical Engineering Transactions. Vol. 45. Hal. 1705-1710.
- Slamet, S. (2013). *Karakterisasi Komposit dari Serbuk Gergaji Kayu (Sawdust) dengan Proses Hotpress Sebagai Bahan Baku Papan Partikel*. Prosiding SNST ke-4 , 1-9.
- Solechudin dan Wibisono. 2002. Buku kerja praktek. PT Kertas Lecces Persero, Probolinggo.
- Sreekala, M.S., Kumaran, M.G., Thomas, S., 1997. *Oil palm fibers: morphology, chemical composition, surface modification, and mechanical properties*. J. Appl. Polym. Sci. 66, 821–835.
- Sudarsono. 2012. *Kajian Sifat Mekanik Material Komposit Propeler Kincir Angin Standard Naca 4415 Modifikasi*.

- Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi
AKPRIND Yogyakarta*
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya
- Svagan, A.J., Jensen, P., Berglund, L.A., Furó, I., and Dvinskikh, S.V. 2010. *Towards Tailored Hierarchical Structures in Starch-Based Cellulose Nanocomposites Prepared by Freeze Drying*. J. Mater. Chem. Vol. 20. Hal. 6646
- Shinoj, S, M. Kochubabu, R. Visvanathan, S. Panigrahi. 2011. *Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review*. Industrial Crops and Products 33, 7-22
- Tarkono. (2007). *Pengaruh Sandwich Laminated Coco Mat dan Chopped Strand Mat Terhadap Kekuatan Material Komposit*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika , 168-177
- Trewin, N. 1988. *Use of the Scanning Electron Microscope in sedimentology in Tucker, M. (Ed)*. J. Tech. Sedimentology. Blackwell Science Oxford 88, p 305-312.
- Wang, N.; Enyong, D.; Rongshi, C., Preparation and Liquid Crystalline Properties of Spherical Cellulose Nanocrystals. Langmuir, 2008, 24, 5-8
- Younis, A.A. 2015. *Evaluation of the flammability and thermal properties of a new flame retardant coating applied on polyester fabric*. Egyptian Journal of Petroleum, 161-169
- Yusup, I. 2017 *Fonetik Akustik: Sebuah Pengantar Telaah Wujud Akustik Bahasa*
- Zimmermann, T., Pohler, E., Geiger, T. 2004. *Cellulose Fibrils for Polymer Reinforcement*. Advanced Engineering Science, 6(9): 754-761
- Sumoro H. 2007. Sound Transmission Class dan Transmission Loss. www.HadiSumoro.com [15 Maret 2011].

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

A. Perhitungan Densitas

$$\frac{\text{Massa Spesimen dalam udara (gr)}}{\text{Massa Spesimen dalam air (gr)}} \times \text{massa jenis air (1 gr/cm}^3\text{)}$$

1. UPR 1.5 mm + Nanoselulosa

Spesimen	Massa dalam udara	Massa dalam air	Densitas (gr/cm ³)
1	1.19	0.87	1.367
2	1.19	0.87	1.36
3	1.19	0.87	1.3678
Rata-rata			1.367

2. UPR 1.5 mm

Spesimen	Massa dalam udara	Massa dalam air	Densitas (gr/cm ³)
1	1.17	0.79	1.481
2	1.17	0.791	1.479
3	1.17	0.79	1.481
Rata-rata			1.48

B.Perhitungan *Transmission Loss*

Menentukan Sound Transmission Class menurut ASTM

E413:

Kondisi STC yang harus dipenuhi:

1. Tidak boleh ada Frekuensi yang memiliki Defisiensi yang nilainya lebih dari 8
2. Total defisiensi tidak boleh lebih dari 32

Spesimen dengan tebal 1.5 mm dan nanoselulosa.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss- Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	10	26	25	0
160	+13	15	28	25	0
200	+10	14	24	25	1
250	+7	16	23	25	2
315	+4	20	24	25	1
400	+1	17	18	25	7
500	0	21	21	25	4
630	-1	19	18	25	7
800	-2	23	21	25	4
1000	-3	25	22	25	3
1250	-4	26	22	25	3
1600	-4	30	26	25	0
2000	-4	32	28	25	0
2500	-4	33	29	25	0
3150	-4	33	29	25	0
4000	-4	34	30	25	0
				Total	32

Pada STC-25 pesimen dengan tebal 1.5 mm dan nanoselulosa ini memenuhi kriteria STC sesuai ASTM E413, dimana tidak ada

frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8 dan jumlah defisiensi tidak melebihi 32.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss- Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	10	26	26	0
160	+13	15	28	26	0
200	+10	14	24	26	2
250	+7	16	23	26	3
315	+4	20	24	26	2
400	+1	17	18	26	8
500	0	21	21	26	5
630	-1	19	18	26	8
800	-2	23	21	26	5
1000	-3	25	22	26	4
1250	-4	26	22	26	4
1600	-4	30	26	26	0
2000	-4	32	28	26	0
2500	-4	33	29	26	0
3150	-4	33	29	26	0
4000	-4	34	30	26	0
				Total	41

Untuk STC-26, spesimen dengan tebal 1.5 mm dan nanoselulosa ini tidak memenuhi kriteria karena nilai defisiensi telah melebihi 32. Karena itu, material dengan tebal 1.5 mm dan nanoselulosa memiliki STC-25 karena memenuhi kriteria STC sesuai dengan ASTM E413, dimana tidak ada frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8 dan jumlah defisiensi tidak melebihi 32.

Spesimen dengan tebal 1.5 mm tanpa nanoselulosa.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss- Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	4	20	17	0
160	+13	8	21	17	0
200	+10	7	17	17	0
250	+7	8	15	17	2
315	+4	12	16	17	1
400	+1	10	11	17	6
500	0	12	12	17	5
630	-1	13	12	17	5
800	-2	16	14	17	3
1000	-3	17	14	17	3
1250	-4	20	16	17	1
1600	-4	24	20	17	0
2000	-4	25	21	17	0
2500	-4	26	22	17	0
3150	-4	27	23	17	0
4000	-4	28	24	17	0
				Total	25

Pada STC-17, Spesimen dengan tebal 1.5 mm dan tanpa nanoselulosa ini masih memenuhi kriteria STC karena memenuhi kriteria STC sesuai ASTM E413, dimana tidak ada frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8 dan jumlah defisiensi tidak melebihi 32.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjust ment	Transmis sion Loss	Transmis sion Loss- Adjusted	STC – Perkir aan	Defisie nsi
125	+16	4	20	18	0
160	+13	8	21	18	0
200	+10	7	17	18	1
250	+7	8	15	18	3
315	+4	12	16	18	2
400	+1	10	11	18	7
500	0	12	12	18	6
630	-1	13	12	18	6
800	-2	16	14	18	4
1000	-3	17	14	18	4
1250	-4	20	16	18	2
1600	-4	24	20	18	0
2000	-4	25	21	18	0
2500	-4	26	22	18	0
3150	-4	27	23	18	0
4000	-4	28	24	18	0
				Total	35


Pada STC-18, tidak memenuhi kondisi dikarenakan ada frekuensi yang memiliki total defisiensinya adalah 35 tidak memenuhi kriteria STC yang tidak boleh lebih dari 32. Jadi pada Spesimen dengan tebal 1.5 mm dan tanpa nanoselulosa ini nilai STC nya adalah 17.

Berdasarkan ASTM E413 bahan dengan ketebalan 1.5 mm dengan nanoselulosa dengan nilai STC-25 jika dikategorikan STC dalam rentang 25-30 berarti bahan jika dikenakan suara normal akan mudah atau jelas terdengar, namun jika di kategorikan dalam rentang 30-35 berarti bahan jika dikenakan suara keras maka akan

cukup terdengar. Bahan dengan ketebalan 1.5 mm dan tanpa nanoselulosa dengan nilai STC-17 jika dikategorikan STC masuk dalam rentang 15-20 ini berarti memiliki nilai STC yang sangat kecil, apabila digunakan sebagai partisi suara pelan masih dapat terdengar. Terkecuali pada frekuensi 1000 Hz termasuk kategori cukup yang berarti suara keras cukup terdengar.

LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN

A. Hasil Pengujian *Transmission Loss*



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS ILMU ALAM
 DEPARTEMEN FISIKA
 Kampus ITS Sukolilo – Surabaya 60111
 Telp: 031-5943351, Fax: 031-5943351, PABX: 1210
<http://www.physics.its.ac.id>


SERTIFIKAT PENGUJIAN

I. DATA BAHAN

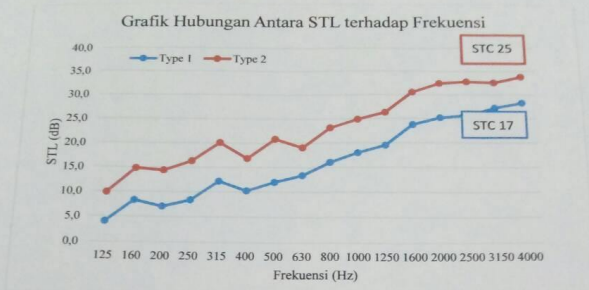
Pengirim : Moh. Farid, Ir., DEA.
 Instansi : Teknik Material ITS
 Jenis / Merk : Bahan campuran resin
 Contoh diterima : 31 Mei 2018
 Tanggal Pengujian: 3-4 Juni 2018
 Jenis pengujian : Sound Transmission Class (STC)
 Metode pengukuran: Standart ASTM E-90

II. HASIL PENGUJIAN
 Sound Transmission Loss (STL)

Frekuensi (Hz)	Besarnya harga STL (dB)	
	Type 1	Type 2
125	4.0	9.9
250	8.3	14.8
500	7.1	14.4
1000	8.4	16.3
2000	12.2	20.1
4000	10.2	16.9
125	12.0	20.8
250	13.4	19.0
500	16.0	23.2
1000	17.9	24.9
2000	19.5	26.3
4000	23.7	30.5
125	25.2	32.4
250	25.7	32.8
500	27.3	32.6
1000	28.3	33.8
2000	4.0	9.9
4000	8.3	14.8
Nilai STC (dB)	17	25



1



III. KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian di dapat nilai STC 17-25 dB hal ini berarti memiliki nilai STC yang sangat kecil, apabila digunakan sebagai partisi suara pelan masih dapat terdengar. Terkecuali pada frekuensi 1000 Hz termasuk kategori cukup yang berarti suara keras cukup terdengar.

Keterangan :

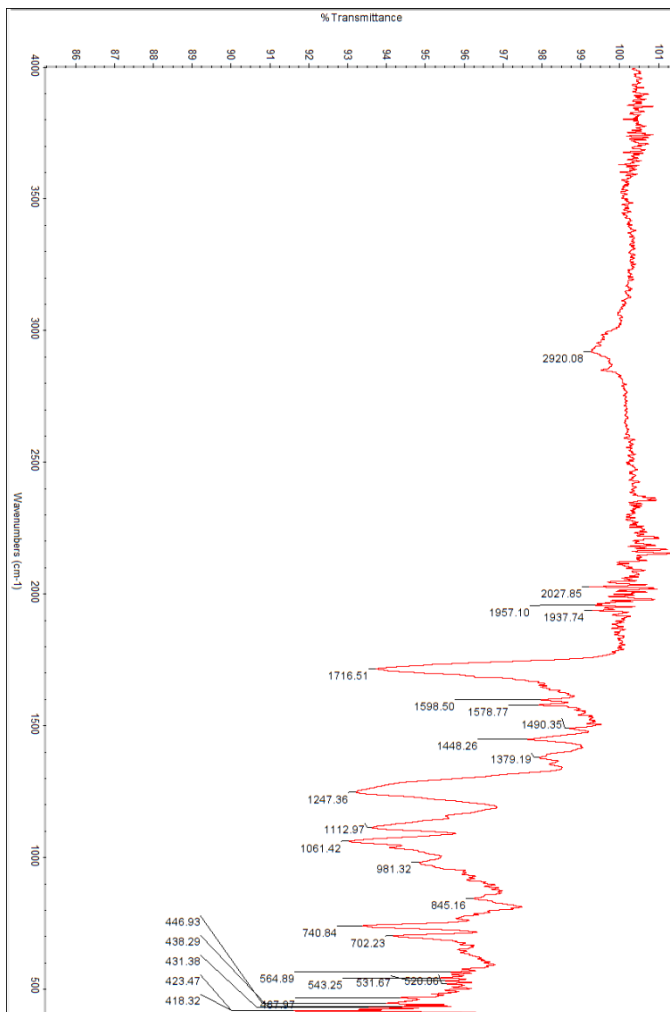
- Hasil uji ini hanya berlaku untuk jenis dan kualitas bahan yang sama, dari contoh uji yang diterima.

Koordinator Laboratorium Akustik
Departemen Fisika FIA ITS

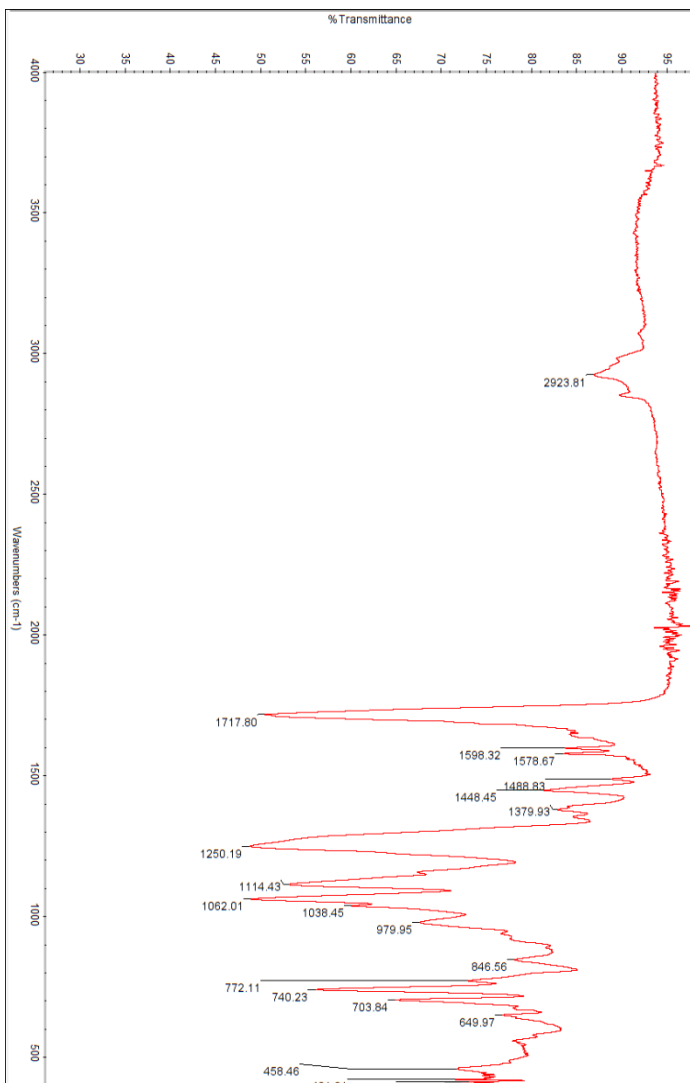
Dr. Suyatno
NIP. 19760620 200212 1 004

B. Hasil Pengujian FTIR

1. UPR 1.5 mm



2. UPR Selulosa 1.5 mm



UCAPAN TERIMA KASIH

Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya
2. Ayah, Bunda, dan keluarga atas dukungan moriil dan materiil yang luar biasa
3. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Ibu Dr. Diah Susanti, S.T. M.T. selaku co-mentor yang senantiasa memberi bimbingan, arahan dan nasihat.
5. Ibu Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si selaku dosen wali yang senantiasa menyemangati selama perkuliahan di ITS ini.
6. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta seluruh dosen dan staff karyawan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS.
7. Keluarga HMMT dan MT16
8. Keluarga besar komunitas Mahasiswa Penyayang Kanak-kanak yang selalu menjadi motivasi dalam pembuatan Tugas Akhir ini
9. Vera Terrakota pemilik mobil Peugeot L1368JJ yang selalu bersedia meminjamkan mobilnya di segala kondisi dan keadaan
10. Raka Bayu yang bersedia meluangkan waktu dan tenaga untuk belajar bersama terkait pembuatan Tugas Akhir
11. Halida Azmi yang bersedia memberi masukan dan tanggapan mengenai Tugas Akhir

12. Seluruh pihak yang telah member dukungan dan motivasi yang tidak bias disebutkan satu per satu oleh penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Penulis berharap pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberikan kritik dan/saran untuk perkembangan teknologi yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Reyhan Efriansyah, lahir di Jakarta pada tanggal 24 April 1996 dari ayah bernama Achmad Effendi dan ibu bernama Sari Waskita Rini. Penulis adalah putra pertama dari tiga bersaudara dan telah menempuh pendidikan formal di SD Cendrawasih Jaya Bekasi, lalu SMP Negeri 1 Bekasi, lalu SMA Negeri 1 Bekasi. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Material melalui Jalur SNMPTN 2014.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan dan kepanitiaan di kampus antara lain sebagai Anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS (HMMT FTI-ITS) sebagai staf Keilmiah HMMT FTI-ITS tahun 2015, Anggota divisi Kesejahteraan Anak (KESA) Mahasiswa Penyayang Kanak-kanak (SWAYANAKA) 2017 dan kepala divisi Kesejahteraan Anak (KESA) Mahasiswa Penyayang Anak (SWAYANAKA) 2018.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif mengikuti beragam pelatihan dan kepanitiaan, seperti LKMM Tingkat pra Dasar, Pelatihan Jurnalistik Tingkat Dasar HMMT, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah HMMT, Serta pepelatihan kepribadian dan spiritual ITS. Selain mengikuti pelatihan penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan seperti ketua pelaksana Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI) Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS (HMMT FTI-ITS), coordinator divisi perlengkapan Indocor Corrosion Week (ICW).

Tak hanya dibidang keorganisasian, penulis juga mengasah kepedulian terhadap sesama dengan melakukan kegiatan social seperti menjadi panitia acara Hari Pendidikan Nasional, panitia acara Hari Kebangkitan Nasional, panitia acara Hari

Disabilitas Nasional, coordinator perlengkapan Raise Your Hand for Hope (RYHFA) Mahasiswa Penyayang Kanak-kanak (SWAYANAKA) dan Ketua acara Hari Anak Nasional

Semasa Kuliah Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktek di PT. Tripatra (Persero), Tangerang, Jawa Barat. Hingga akhirnya kegiatan perkuliahan Strata-1 diakhiri dengan melakukan Tugas Akhir dalam bidang material inovatif, material komposit dengan judul **“ANALISIS PENERAPAN KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT SERAT GELAS DAN NANOSULFAT UNTUK PEMBUATAN DASHBOARD MOBIL DENGAN METODE HAND LAY UP”**

E-mail: reyhan_efriansyah@yahoo.com